
WELLCOME
HISTORICAL MEDICAL LIBRARY


22101025494

Fisiologia dell'uom

Fisiologia dell'uomo sulle Alpi.



Accampamento ad Indra (altitudine 2515 m.).

FISIOLOGIA DELL'UOMO
SULLE ALPI

STUDII FATTI SUL MONTE ROSA

DA

ANGELO MOSSO

Con 12 incisioni e 49 tracciati.



MILANO
FRATELLI TREVES, EDITORI
1897.

DELLO STESSO AUTORE:

La Paura. 5.ª ediz. Milano, Fratelli Treves, 1884 L.	3 50
La Fatica. 4.ª ediz., riveduta dall'autore. Milano, Fratelli Treves, 1891	4 —
Una ascensione d'inverno al Monte Rosa. Milano, Fratelli Treves, 1885	1 —
L'educazione fisica della donna. Milano, Fratelli Treves, 1892	1 —
La temperatura del cervello. In-8, con 49 incisioni e 5 tav. fuori testo. Milano, Fratelli Treves, 1894.	7 50
L'educazione fisica della gioventù 2.ª ediz. Milano, Fratelli Treves, 1893.	3 —

Milano. — Tip. Fratelli Treves

" *Il faut s' estimer heureux si l'on peut faire la moitié des observations auxquelles on s'est préparé.* „

Giuseppe Zumstein scrisse queste parole raccontando all'Accademia delle Scienze di Torino, la sua prima ascensione sul Monte Rosa. Io le pongo qui perchè mi rendano il lettore indulgente, se invece di un libro sulla fisiologia dell'uomo, gli presento solo alcuni capitoli intorno agli esperimenti che ho fatti sul Monte Rosa.

Mi preparai a questa spedizione appena fu costruita la Capanna Regina Margherita (sulla punta *Gnifetti* a 4560 metri sopra il livello del mare). Pensavo che per studiare alcuni problemi della fisiologia alpina bisognava fermarsi parecchie settimane sulla vetta del Monte Rosa, e siccome non era possibile col solo aiuto delle guide e dei portatori fare una serie esatta di ricerche sull'uomo, chiesi al Ministro della guerra dieci soldati alpini sotto il comando di un medico militare.

Il Ministero avendo annuito alla mia richiesta, mi recai al reggimento degli Alpini in Ivrea e molti soldati si offrirono spontaneamente di venire con me sui ghiacciai del Monte Rosa. Avrò spesso occasione di ripetere il nome di questi soldati; ma intanto voglio subito ricordare che il contegno e la disciplina loro fu degna di elogio, per maniera che provo una soddisfazione nell'esprimere a questi umili soldati la mia ammirazione e ad un tempo la mia riconoscenza.

Il primo mese, dal 19 giugno all' 11 luglio del 1894, fu impiegato in ricerche preliminari per conoscere bene le condizioni fisiologiche dei miei soldati. Occorrendomi sapere come avrebbero resistito alla fatica, si compirono nelle prealpi marcie di 60 chilometri con armi e bagaglio da Ivrea a Torino. Avevo scelto i soldati in modo che l'una metà fossero tra i più forti e l'altra metà di media robustezza: e li divisi in due squadre. Una venne su con me salendo lentamente ogni settimana circa 1000 metri. L' altra venne su rapidamente in tre giorni sulla vetta del Monte Rosa, quando noi eravamo già stabiliti nella Capanna Regina Margherita

per aspettarli. Questo io feci nell'intento di osservare come si comporti l'organismo nei lenti e nei rapidi cambiamenti di altezza.

Alcuni fisiologi studiarono l'uomo sulle Alpi in condizioni tanto sfavorevoli, che non riuscirono a sceverare gli effetti della fatica e del freddo, da quelli della depressione barometrica. Conoscendo tali errori ho preso tutte le precauzioni perchè nulla mancasse all'approvvigionamento ed ai comodi necessari.

Sono grato al ministro dell'istruzione Guido Baccelli il quale volle darmi un sussidio di lire 1350 per concorrere alle spese da me fatte in questa spedizione.

Un solo accidente è venuto a contristare il nostro soggiorno sulle Alpi, e fu una polmonite del soldato Ramella mentre eravamo nella Capanna Regina Margherita. Questa malattia abbastanza grave interruppe le ricerche e ci obbligò a partire prima del tempo, dopo una dimora di dieci giorni sulla vetta del Monte Rosa.

Nella spedizione ebbi per compagni mio fratello Ugolino, professore di farmacologia nella Università di Genova, il dottore Vittorio Abelli capitano medico, e lo studente di medicina Beno Bizzozero, rapito l'anno di poi da morte immatura all'affetto degli amici e dei congiunti. Conoscendo il suo talento di artista gli avevo affidato la parte fotografica, e dalla bella collezione delle sue negative ho preso alcune vedute che riproduco per dare un'idea dell'ambiente nel quale si svolsero i nostri studi.

Fu un desiderio lungamente accarezzato questo di scrivere un libro facile di fisiologia dell'uomo per mostrare in un campo ristretto quale sia lo spirito moderno della biologia e quali metodi adoperiamo per studiare la macchina meravigliosa del nostro corpo. Il mio intento va dunque più in là che non sia la passione dell'alpinismo e il desiderio di conservare un ricordo delle ore felici passate sulle Alpi. Con questo libro spero recare un umile contributo alla fisiologia umana.



Valle di Gressoney.

Capitolo Primo.

La forza dei muscoli studiata a grandi altezze.

I.

Mi ricorderò sempre Giuseppe Maquignaz che mi raccontava come fu costruita la prima capanna sul Cervino. Eravamo insieme nel rifugio del Teodulo, accanto al fuoco aspettando si chetasse la bufera che infuriava.

Sulle Alpi non si era mai lavorato a tale altezza, diceva Maquignaz. Era, credo, nel 1867, e la capanna fu costruita a 4114 metri. Tutte le guide di Valtournanche andarono su per turno, ed impiegarono circa tre settimane per farla. Maquignaz ed i suoi compagni trovarono assai più dura la fatica a quell' altezza, perchè dati pochi colpi per spaccare le pietre, dovevano fermarsi a riprendere fiato, cosa che in giù non capitava loro per uno sforzo molto maggiore.

L' appetito veniva meno stando tutta la settimana a dormir

sulla roccia, perseguitati come erano dal vento e dalla neve. Una volta che Maquignaz volle forzarsi per finire in fretta un pezzo del muricello, fu preso da affanno e difficoltà del respiro e poco mancò non gli cogliesse uno svenimento.

Maquignaz era un uomo modesto. In tutto quel giorno che fummo insieme se non l'interrogavo non mi avrebbe neppur detto che la stessa ascensione fatta con me, egli l'aveva fatta prima conducendo sul Breithorn la Regina. Egli sembrava ignorasse che era una delle più grandi autorità nel mondo delle Alpi. Solo una volta scherzando mi disse che il Cervino era come l'Università dell'alpinismo. Ed io sorridendo risposi che egli nella sua Università mi superava di molto come insegnante.

Maquignaz era laconico, ma pure rispondeva volontieri alle domande che gli facevo continuamente per udire i suoi discorsi così pieni di buon senso. Io non badavo affatto, diceva, agli incomodi che dà l'alta montagna, perchè sapevo che l'aria fina non fa male e basta riposarsi perchè ogni incomodo passi. Cambia il fiato, e anche la pipa non brucia più allo stesso modo così che ci vuole la pazienza di un santo per tenerla viva e accendere i zolfanelli, tanto che avevamo smesso quasi tutti di fumare. Le corde che abbiamo messo sul Cervino e le scale dopo tanti anni sono ancora nuove, mentre sarebbero infracidite da lungo tempo nella valle. Avevo dimenticato un sacco sul Cervino con dentro un po' di pane e del cacio, e l'anno dopo lo trovai e mangiai tutto senza accorgermi che fosse diverso.

Nell'ultimo viaggio che fece Conway sull'Himalaya, arrivato sopra i 6000 metri, dovè rallentare la marcia per modo che saliva 250 a 300 metri al giorno[1]. La sua guida Mattia Zurbriggen mi raccontò che in ultimo non poteva fare, senza fermarsi, più di cinque o sei colpi di piccozza per tagliare gli scalini nel ghiaccio, e dopo doveva stare almeno un minuto fermo a riprendere fiato. “Non era la forza che gli mancasse, disse, ma il respiro.„

Se si potesse in tutto prestar fede alle guide, che quando parlano col loro buon senso e col loro sguardo bonario persuadono tutti, sarebbe per me bell'e finito, e potrei cominciare un altro discorso. Ma prima di ammettere che non è la forza dei muscoli, sì il fiato che vien meno quando lavoriamo a grandi altezze, devo riferire gli sperimenti che feci in proposito. Vedremo che il fatto è assai complesso.

Per scrivere il lavoro meccanico dei muscoli costrussi un ap-

1 W. Martin Conway, *Climbing and Exploration on the Karakoram Himalayas*. London, 1894.

parecchio[1] al quale diedi il nome di *ergografo*. La figura 1 rappresenta come è disposto l'ergografo per scrivere le contrazioni del dito medio della mano sinistra. Perchè il braccio non cambii di posizione durante le contrazioni della mano vi è un sostegno fissatore sul quale poggia il braccio. I morsetti che si vedono nella figura servono a tenere immobili il braccio, la mano in corrispondenza del polso, il dito indice e l'anulare lasciando libero solo il dito medio che deve contrarsi sollevando un peso. A tale scopo si attacca al dito una cordicella per mezzo di un anello di cuoio messo strettamente intorno alla seconda falange. Questa

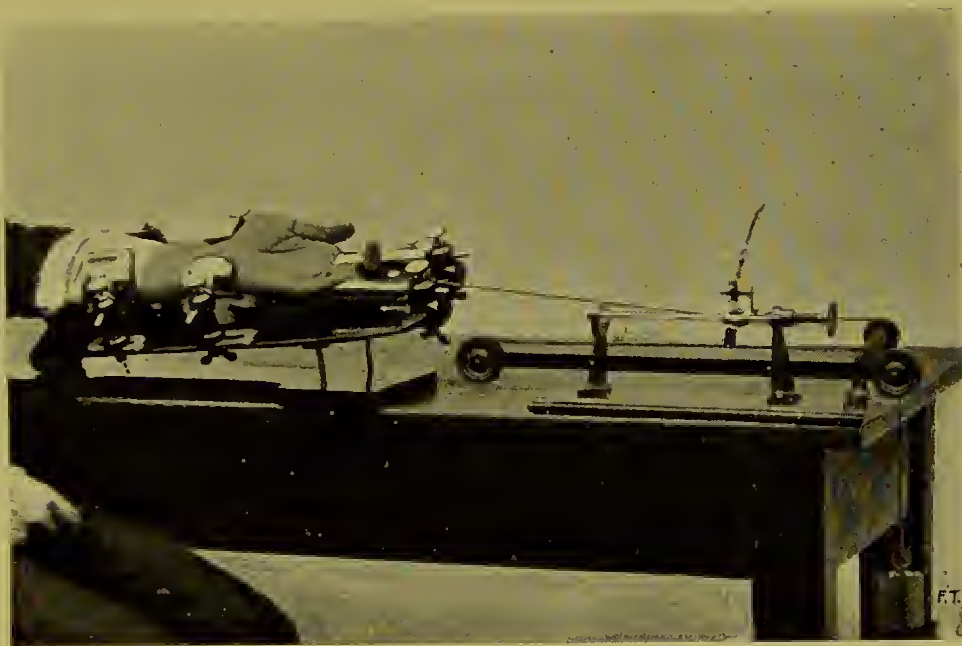


Fig. 1.
Ergografo applicato al braccio per scrivere le contrazioni del dito medio.

cordicella porta alla sua estremità un peso di 4 chilogrammi ed è legata nel suo mezzo ad un corsojo registratore.

La figura 2 mostra in profilo questa parte dell'ergografo. Su di una piattaforma di ferro due colonnette a forchetta portano ciascuna due spranghe cilindriche di acciaio le quali costituiscono le guide del corsoio metallico coll'asticella che scrive le contrazioni muscolari sopra un cilindro infumato che per brevità non venne rappresentato nella figura 2. L'apparecchio di orologeria che fa girare il cilindro, il quale ha servito per queste e tutte le

[1] A. Mosso, *La Fatica*, 1891, pag. 180.

altre esperienze grafiche è rappresentato nella figura 9. Una cordicella percorre l'apertura che sta nell'asse della vite che vedesi in testa all'apparecchio e dopo passa sopra una carrucola, e scende tirata in basso dal peso. Le contrazioni del dito medio si eseguiscono secondo il moto di un pendolo oppure di un metronomo. In tutte le esperienze fatte sul Monte Rosa il ritmo col quale si eseguivano era segnato da un metronomo che segnava i minuti secondi. Ad ogni due secondi si faceva un contrazione.

La parte dell'ergografo rappresentata dalla figura 2 è fatta in modo che non solo scrive l'altezza di ogni contrazione dei mu-

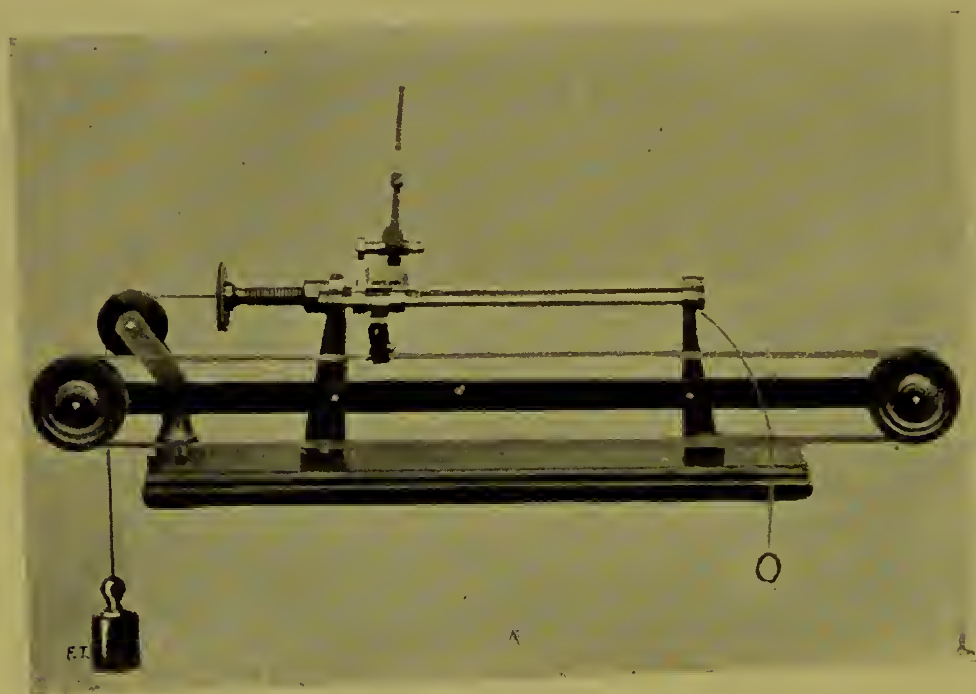


Fig. 2. — Ergografo.

scoli, ma la misura in millimetri, e può anche dare la somma di tutte le contrazioni fatte in un tempo determinato. Ad ogni contrazione del dito medio una pinzetta tira il nastro di una lunghezza che corrisponde all'altezza di sollevamento del peso. Quando il corsojo torna a posto, la pinzetta scorre sul nastro senza muoverlo: e lo afferra di nuovo nella contrazione successiva. Conoscendo il numero dei centimetri cui fu sollevato il peso e il valore del peso stesso, si determina in chilogrammetri il lavoro compiuto.

Nella figura 3 A il primo tracciato a sinistra fu scritto a Torino, l'altro B nella Capanna Regina Margherita da mio fratello, mentre solleva 4 chilogrammi col dito medio della mano destra. Un me-

tronomo batte il tempo e si fa una contrazione ogni due secondi. L'apparecchio registratore scrive l'altezza alla quale sollevasi il peso, in ogni contrazione; come si vede nella prima linea verticale a sinistra dove comincia il tracciato. Subito dopo rilascia il dito che ritorna col peso alla posizione di riposo. A misura che i muscoli flessori delle dita si affaticano, le contrazioni diventano regolarmente meno alte, fino a che per la stanchezza i muscoli si fanno incapaci a sollevare il peso.

Le linee sono bianche su fondo nero perchè la carta che avvolge il cilindro è infumata, e una penna d'oca sottile messa all'estremità della leva togliendo il fumo dove passa, lascia una

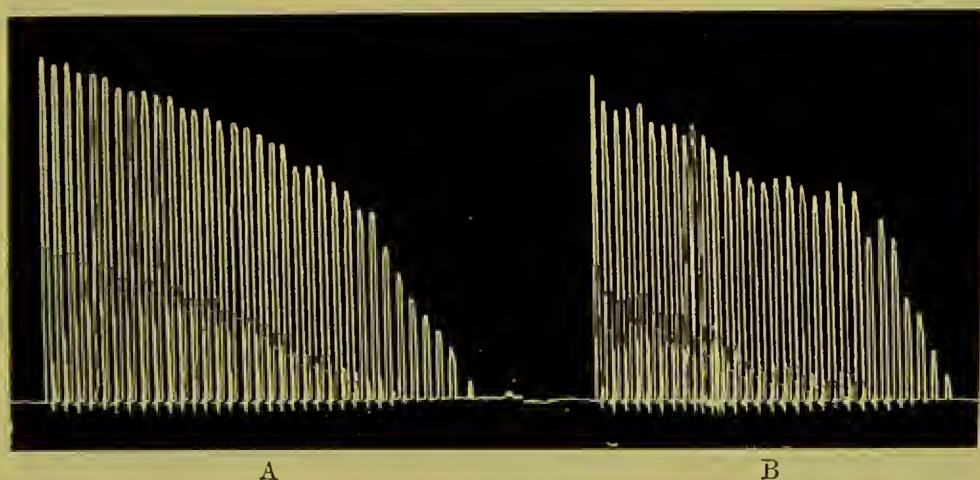


Fig. 3. — Tracciato scritto coll'ergografo da mio fratello Ugolino.
A Tracciato normale della fatica a Torino. — *B* Tracciato scritto sul Monte Rosa a 4560 m. di altezza sollevando 4 chilogrammi ogni 2 secondi col dito medio.

linea bianca. Tutti i tracciati che verranno dopo sono tutti scritti sulla carta infumata, e vennero riprodotti colla zincotipia.

Mio fratello era uno dei soggetti migliori che potessi avere per tale studio, perchè da molti anni egli lavorava coll'ergografo [1]. Conoscevamo per lunga esperienza il profilo della sua curva normale, quale si vede nella figura 3 A a sinistra, scritta a Torino prima di partire pel Monte Rosa dove fece 33 contrazioni successivamente digradanti, ed ha compiuto un lavoro di 3,48 chilogrammetri sollevando il peso di 4 chilogrammi all'altezza di

[1] U. Mosso, *Action physiologique de la cocaïne.* Archives italiennes de Biologie, Tome 14, pag. 9. — *Action des principes actifs de la noix de kola sur la contraction musculaire.* Ibidem, Tome 19, pag. 241. — *Influence du sucre sur le travail des muscles.* Ibidem, Tome 21, pag. 293.

metri 0,870 che è la somma dell'altezza di tutte le contrazioni del tracciato A.

Le esperienze coll'ergografo le feci il giorno 15 e 16 agosto, parecchi giorni dopo che mio fratello era arrivato alla Capanna Regina Margherita, e quando già si era acclimato, perchè i primi giorni non stava completamente bene. La quantità del lavoro meccanico fatto nel tracciato B della figura 3, è un poco minore. Il peso di 4 chilogrammi fu sollevato di metri 0,707 ed il lavoro compiuto in 30 contrazioni fu solo di chilogrammetri 2,828. La curva (eccetto verso la fine dove presenta un leggero rialzo) conserva il tipo della figura precedente fatta nella pianura.

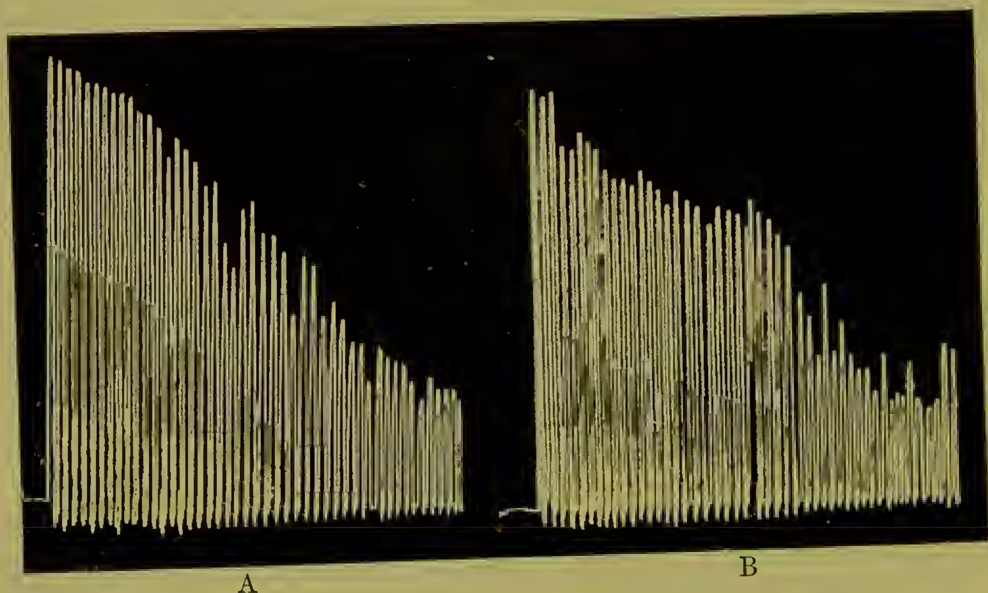


Fig. 4. — Tracciato scritto coll'ergografo del soldato Sarteur. *A* Curva normale della fatica scritta a Torino. — *B* Curva della fatica scritta sul Monte Rosa sollevando 4 chilogrammi ogni 2 secondi col dito medio.

Simili esperienze ho ripetute su me medesimo, su Beno Bizzozero e su tutti i soldati della spedizione; non trovai in nessuno che la depressione barometrica di 4560 m. avesse prodotto una diminuzione molto considerevole di forza. Parlo naturalmente dei tracciati presi dopo che era scomparsa la stanchezza prodotta dall'ascensione.

Una cosa (oltre alla leggera diminuzione del lavoro eseguito) appare evidente nel paragonare la serie dei tracciati ottenuti a Torino con quelli scritti sul Monte Rosa ed è una certa irregolarità di quest'ultimi. Riferisco come esempio un tracciato del soldato Sarteur scritto nello stesso modo. Anche in questo tracciato la prima curva A della fatica fu presa a Torino, la seconda B nella Capanna Regina Margherita.

Facendo 46 contrazioni a Torino nella curva A sollevò il peso di 4 chilog. all'altezza totale di metri 1,32; sul Monte Rosa come si vede nella curva B facendo 46 contrazioni sollevò il peso di 4 chilog. solo a metri 1,24. È una differenza piccola, ma che però io la riscontrai in tutti. Così che può dirsi che sul Monte Rosa a 4560 metri, è un poco diminuita la forza dei muscoli, e alquanto cambiato il tipo caratteristico e individuale della fatica, quale si vede coll'ergografo. Le differenze tra questi tracciati per ciò che riguarda il lavoro compiuto sono così piccole che le variazioni loro possono comprendersi nelle oscillazioni diurne. La sola differenza sta in ciò, che sulla vetta del Monte Rosa a 4560 metri le curve della fatica sono fatte più irregolari. Questo è un indizio che in alto il sistema nervoso funziona meno bene nei suoi centri motori.



Fig. 5.
Soldato Sarteur mentre fa gli esercizi coi manubri sul ballatoio della Capanna Regina Margherita. 4560 m.

II.

La fatica di una mano, anzi di un dito solo, come la si studia per mezzo dell'ergografo, è una fatica leggera, dirà taluno. Fu appunto per evitare tale dubbio che fino da Torino mi preparai al raffronto per una stanchezza maggiore, con degli esercizi dove fosse più grande il numero dei muscoli che entravano in azione.

La figura 5 fa vedere una di queste esperienze fatta in un

giorno di bel tempo sul ballatoio della Capanna Regina Margherita. Il soldato Sarteur tiene in mano due manubri che pesano 5 chilogrammi ciascuno. Un metronomo batteva i minuti secondi.

Supponiamo che questa sia la posizione di partenza, dopo un minuto secondo, flettendo le braccia, i manubri si troveranno all'altezza del torace. Nel minuto secondo successivo distendendo le braccia i manubri scendono vicino alle ginocchia. Da questa posizione dopo ancora un secondo tornerà a fletter le braccia e portare i manubri all'altezza del torace e poi nell'ultimo tempo stendendo le braccia solleverà i manubri sopra la testa ritornando alla posizione indicata dalla figura. Lì si aspetta un secondo e poi rimetterà i manubri vicino al petto e così continuando fino a che la persona possa resistere. Uno di noi stando dietro le spalle contava quante volte ciascuna delle persone soggette all'esperimento, sollevava i manubri, e ne teneva nota. Certo varia da un giorno all'altro il numero delle volte al quale uno si ferma e il limite estremo non lo si raggiunge esattamente. Malgrado tutte le cause di errore, esiste una certa uniformità nei risultati.

Abbiamo ripetuto queste prove negli accampamenti man mano che salivamo su alla vetta del Monte Rosa, e con mia sorpresa trovai che a 4560 metri si faceva assai più lavoro che non a Torino.

Due furono le cause di questo aumento. La prima subito si capisce, per poco che uno abbia pratica degli esercizi ginnastici. È l'allenamento — cioè la resistenza sempre maggiore alla fatica che ciascuno acquista ripetendo un medesimo lavoro. La seconda causa di errore avrei potuto evitarla se l'avessi preveduta, ma quando me ne accorsi era troppo tardi. Fino a che i miei soldati stettero a Torino non dettero alcuna importanza a questo modo di conoscere la propria forza, distratti come erano dalle emozioni di una grande città. La settimana che passammo all'accampamento Indra (2515 metri) piantammo un bersaglio e facevamo delle gare col fucile, oppure si andava a caccia delle marmotte. Ma quando fummo in alto sui ghiacciai e peggio ancora quando fummo chiusi nella Capanna Regina Margherita, l'esercizio dei manubri divenne per loro una gara e tutti cercavano di superarsi nel fare un numero maggiore di sollevamenti. Per distrarre la loro attenzione da questo giuoco, presi in ultimo il partito di fare da solo questi esperimenti nell'ultima stanza che ci serviva da Laboratorio, e dove disgraziatamente avevamo isolato il soldato Ramella affetto da polmonite.

Prima di partire pel Monte Rosa pensai che non bastava misurare la forza in basso ed in alto, ma che dovevo studiare in

che modo si modificassero la respirazione ed il cuore facendo un medesimo lavoro. A tale scopo contai il polso ed il respiro in tutti, prima che cominciassero gli esercizi coi manubri e mentre erano bene riposati. Quando cessavano i sollevamenti perchè stanchi, tornavo a contare il respiro ed il polso. La quantità del lavoro compiuto dagli uomini allenati della mia carovana non è diminuita, anzi è cresciuta. Però trovai in tutti un' alterazione maggiore dell' organismo, il cuore ed il respiro affrettano di più i loro movimenti, quando compiamo un medesimo lavoro nell' aria rarefatta.

III.

Saussure aveva già tentato nel 1788 una esperienza simile a quelle che ora espongo.

Un medico per nome Odier propose a Saussure alcuni problemi di fisiologia da risolvere; tra gli altri vi era questo: " Contare il polso in posizione perfettamente verticale; se la differenza è più grande che nella pianura, è una prova che l'aria delle alte montagne aumenta l' irritabilità del cuore. „ Quando Saussure piantò le sue tende sul colle del Gigante, a 3365 metri [1] dopo aver dormito in posizione orizzontale, contò il suo polso e trovò che batteva 83 volte in un minuto, allora si alzò e il polso batteva 88 volte. Temendo che la fatica per alzarsi avesse potuto contribuire a questo acceleramento Saussure si riposò qualche istante e il polso scese a 82 battute. L'esperienza non è riuscita e Saussure passa ad altro senza tornare più su tale argomento.

Vedremo dalle seguenti esperienze che il cuore ed il respiro si alterano di più che nella pianura quando si compie il medesimo esercizio dei muscoli sulle Alpi. I dati che ho raccolto permettono un' analisi più esatta dei fenomeni che osservansi nel polso e nel respiro in seguito ad un lavoro dei muscoli.

Chamois è uno dei soldati della seconda squadra che venne su rapidamente da Ivrea fin sulla vetta del Monte Rosa. A Torino per sollevare 121 volte i manubrii di 5 chilogr. ciascuno, coll'intervallo di 4 minuti il suo polso crebbe da 62 a 68. Il respiro da 20 scese a 18: ma le inspirazioni dopo la fatica erano più profonde. Arrivato sul Monte Rosa a 4560 metri il soldato Chamois si lamentò il primo giorno di mal di capo e di mal di ventre,

[1] H. de Saussure, *Cinquième Voyage, Col du Géant.* Tomo IV, pag. 315.

diceva spesso che non poteva respirare bene: non ha però perduto l'appetito. Per contare bene il polso radiale che è filiforme, sono obbligato a mettere le dita sull' arteria del collo.

Il respiro ed il polso in questa e nelle osservazioni seguenti, lo contavo solo per 30″ onde poter seguire meglio le loro variazioni, ed aver tempo di prenderne nota. Ogni linea di queste tabelle corrisponde a due minuti.

Soldato Chamois. 14 agosto. (Capanna Regina Margherita).

	Polso in 30″	Respiro in 30″
Ore 4.29.	47	11
	48	11
	46	12

Ore 4.31. Fece 119 sollevamenti dei manubri.

„ 4.39.	64	14
	58	13
	53	14
	53	11
	52	11
	52	10
	50	11
	52	10
	52	11

Vediamo che dopo 6 minuti di riposo era già tornata come prima la frequenza del respiro: mentre il polso era sempre celere anche dopo 20 minuti.

Nel maggior numero dei casi trovai che l' acceleramento del respiro dura più a lungo; e qualche volta tornarono insieme ad essere normali il respiro ed il cuore. Per non moltiplicare gli esempi, mi limiterò a darne uno solo.

Il soldato Oberhoffer venne su direttamente da Ivrea alla Capanna Regina Margherita, senza prima acclimatarsi. Anche lui non stette bene il primo giorno: aveva il polso dell'arteria radiale debole e filiforme tanto che dovevo anche su lui contare il polso alla carotide.

A Torino sollevando 124 volte i manubri del peso di 5 chilogrammi ciascuno ad intervalli di 4 minuti, il polso crebbe da 70 ad 86, il respiro da 23 scese a 22. Sul Monte Rosa invece avemmo i risultati seguenti:

Soldato Oberhoffer. 14 agosto 1894. (Capanna Regina Margherita).

	Polso in 30″	Respiro in 30″
Ore 11.20.	43	12
	41	12

Fa 130 sollevamenti dei manubri.

Ore 11.34.	59	14
	52	15
	48	13
	47	13
	44	15
	45	14
	45	13
	45	14
	44	13
	44	13
	42	12

Alle ore 11.52 dopo 22 minuti di riposo sono ritornati insieme al normale il cuore ed il respiro.

IV.

Il cuore ed il respiro si alterano più facilmente sulle Alpi quando si compie il medesimo lavoro; ma la rarefazione dell' aria non esercita un' influenza immediata sulla forza e sulla resistenza dei muscoli: perchè anche all' altitudine di 4560 metri abbiamo l'energia per fare il medesimo lavoro che abbiamo eseguito in basso. Forse i prodotti della fatica agiscono più intensamente sull' organismo quando la pressione barometrica è minore. Il nostro polso era alquanto più frequente quando stavamo in piedi nella Capanna Regina Margherita. Questo va d' accordo e si spiega col fatto che sul Monte Rosa il polso ed il respiro presentarono per il medesimo lavoro una modificazione successiva più intensa.

Altri esempi di queste esperienze ho raccolto in fondo al volume in una tabella. Per brevità tralasciai le stazioni intermedie e riferii solo i numeri raccolti a Torino e nella Capanna Regina Margherita.

Per i concetti che svolgeremo in seguito è utile vedere come anche sul Monte Rosa non siasi modificata la frequenza del re-

spiro per un lavoro faticoso dei muscoli in alcune persone estremamente forti.

Scelgo come esempio l'esperienza fatta nella Capanna Regina Margherita sopra uno degli uomini più robusti della nostra compagnia: il soldato Marta, che faceva da cuoco. Egli mi aveva detto parecchie volte che non si era mai sentito così bene come a fare il cuoco sulla vetta del Monte Rosa: infatti lavorava contento senza fermarsi mai.

Il giorno 14 agosto lo pregai di fare un esercizio coi due manubri che pesano 5 chilogrammi ciascuno.

Soldato Marta (Capanna Regina Margherita).

	Polso in 30″	Respiro in 30″	
Ore 10.15.	46	11	Normale.
	46	12	

Eseguisce 185 sollevamenti dei manubri prima di fermarsi.

Ore 10.28.	67	12
	55	10
	55	12
	59	12
	58	10
	57	10
	55	10

La frequenza del respiro non è aumentata, anzi vi fu una leggera diminuzione; la profondità dei movimenti respiratori, era però visibilmente maggiore. Questo risultato è importante, perchè si tratta qui di un lavoro meccanico così grande come pochi uomini sono capaci di fare. Solo il ritmo del cuore si è modificato, e dovettero trascorrere 20 minuti di riposo prima che tornasse normale.

Chi prenderà in mano due manubri di 5 chilogr. ciascuno e proverà a sollevarli sopra la testa con intervalli di 4 secondi, nel modo indicato, si accorgerà che la forza di questi soldati non era diminuita perchè superavano la media.

La fatica come la emozione produce un mutamento più grave nel cuore che nel respiro.

Questa legge che avevo già trovata studiando le modificazioni che subisce l'organismo nei fenomeni psichici, si verifica nelle ascensioni. Resta così confermato che la causa delle alterazioni subite dal respiro e dal cuore, non sta nella contrazione dei mu-

scoli. Sono fenomeni molto complessi i rapporti che esistono tra il cervello e i visceri, quali il polmone ed il cuore. La supposizione che nella fatica dei muscoli si producano delle sostanze velenose che agiscono sui centri del cuore e del respiro è vera; ma è anche vero che non occorre il lavoro dei muscoli per produrre la palpitazione e l'affanno.

V.

L'aver noi il respiro più frequente e i battiti del cuore più rapidi, quando facciamo un lavoro maggiore coi muscoli, permette di paragonare il nostro corpo ai motori a gas che ora si adoperano nelle industrie, i quali regolano automaticamente la forza motrice. In queste macchine quando diviene più duro il movimento che devono compiere si sente subito che i colpi di stantufo e le esplosioni diventano più frequenti.

Tale similitudine non serve completamente, perchè la nostra macchina è assai più complicata. L'ossigeno respirato e l'acido carbonico prodotto, non rappresentano tutta l'energia messa in giuoco dai muscoli. Finito il lavoro continua la respirazione ad essere più intensa e la palpitazione del cuore dura anche più a lungo, perchè il sistema nervoso modifica il consumo dell'organismo in modo che non è proporzionale al lavoro meccanico fatto.

Nel mio libro sulla fatica [1] ho già dimostrato che si producono delle sostanze velenose nei muscoli i quali lavorano. Iniettando il sangue di un cane affaticato in un cane che dormiva, vidi prodursi anche in questo, l'affanno del respiro e la palpitazione del cuore.

La frequenza maggiore del polso che dura spesso lunghissimo tempo, dopo che siamo ritornati al riposo, dipende, secondo ogni probabilità, dai veleni che si producono nel corpo per la fatica.

Fino a questi ultimi tempi molti hanno creduto che il respiro, quando ad esempio si salgono le scale, cresca perchè il sangue deve eliminare una quantità maggiore di acido carbonico. Le indagini recenti di Zuntz e Geppert di Filehne e Kionka [2] mostrarono che il sangue nelle arterie durante il lavoro è più ricco di ossigeno che nel riposo, e che contiene una quantità minore di acido carbonico. Johansson studiò l'influenza che l'attività dei

[1] A. Mosso, *La Fatica*, pag. 145.

[2] *Pflüger's. Archiv für Physiologie*. Vol. 42, pag. 189 — Vol. 63, p. 234.

muscoli esercita sul respiro e sul cuore [1]. Egli si limitò a fare le sue ricerche sopra i conigli. Io ho preferito l'uomo dove il problema appare assai meno complesso che negli animali; qui mi limito a riferire una esperienza.

Il soldato Solferino, il giorno 2 agosto fece una esperienza coi manubri, mentre eravamo accampati presso la Capanna Linty (3017 metri).

	Polso in 30″	Respiro in 30″
Ore 5 pom.	39	10
	40	10

Solleva 104 volte i due manubri di 5 chilogrammi.

Ore 5.10.	55	14
	53	11
	45	11
	44	10
	43	10
	44	10

Dopo 4 minuti il respiro era tornato alla frequenza di prima: i movimenti del cuore si fecero normali solo dopo 20 minuti.

Il giorno dopo mandai il soldato Solferino a Gressoney a prendere la posta e fare alcune provviste. Che cosa abbia fatto la notte non seppi, probabilmente si fermò ad una cantina; tornò il giorno dopo verso mezzogiorno assai stanco e credo che la notte avesse bevuto più del solito.

Il giorno successivo 5 agosto alle ore 9.40 lo invito a fare una esperienza coi manubri poco dopo che si era alzato dal letto:

Polso in 30″	Respiro in 30″
29	9
28	9
28	9

Solleva solo 67 volte i manubri.

Ore 9.51.	55	16
	53	15
	40	14
	39	13
	35	10
	38	10
	38	9
	38	9
	38	9
	37	9
„ 10.30.	39	9
„ 10.45.	37	9
„ 11.	35	9
„ 11.30.	30	9
„ 11.50.	28	9

[1] *Skandinavisches Archiv für Physiologie*, 1893. Vol. V, pagina 21.

Vediamo da questa esperienza quanto un disordine dietetico indebolisca le nostre forze. Per un lavoro più leggero (il soldato Solferino sollevò 34 volte di meno i manubri), provò in modo più grave la stanchezza. Il numero delle respirazioni crebbe fino a 32 e si mantenne 12 minuti più del normale, mentre nell'esperienza precedente aveva durato solo per 6 minuti la frequenza maggiore del respiro. Ma gli effetti più gravi si riscontrano nel cuore, che impiega un'ora prima di tornare alle condizioni primitive, quantunque la persona rimanga in questo frattempo seduta.

Il professore Oertel in un libro assai conosciuto [1], nel quale studiò l'influenza benefica che il movimento e le ascensioni moderate, esercitano sulle malattie del cuore e dei polmoni, dimostrò che dopo la fatica di un'ascensione il cuore è già ritornato al normale, mentre i vasi sanguigni sono ancora dilatati. Anche 24 ore dopo un'ascensione faticosa vide che la tensione delle arterie era minore registrando il polso collo sfigmografo. Non misurai la pressione nel soldato Solferino, ma credo fosse poco diminuita, perchè il polso aveva una frequenza normale, e minore di quanto fosse nel giorno 2 agosto.

L'azione nervosa necessaria per fare uno sforzo, agisce di per sè indipendentemente dal lavoro chimico dei muscoli e produce un cambiamento repentino nel cuore e nel respiro. Come una emozione morale ci mozza il fiato e ci dà la palpitazione, così il sistema nervoso, quando manda una serie di ordini ai muscoli, prova una specie di emozione incosciente che modificherebbe il respiro anche se i muscoli non si contraessero.

Ho veduto un cane molto affezionato e sensibile il quale per aver sentito lo scoppio di un razzo a grande distanza, ebbe tale spavento che subito cominciò a respirare come se avesse fatto una corsa. Mezz'ora dopo era ancora ansante, il cuore gli batteva forte e respirava con affanno.

Vi è dunque un intimo legame fra il cervello, la respirazione ed il cuore; legame che tutti conoscono per mezzo delle emozioni.

Nei capitoli seguenti mostrerò meglio come l'influenza di un piccolo disordine nel regime disponga al male di montagna. L'esempio del soldato Solferino accenna una delle complicazioni gravi in questi studi. Oltre i veleni che di continuo si producono in noi, ciascuna parte dell'organismo opera sulle altre e spesso i fenomeni diventano così inestricabili che non riusciamo a definire quale sia la causa e quale l'effetto.

[1] I. Oertel, *Handbuch der allgemeinen Therapie der Kreislaufs-Störungen*. Leipzig, 1891. pag. 195.

VI.

Fermiamoci sopra un altro punto che ci porge occasione di parlare degli svenimenti ricordati spesso negli scritti intorno alle ascensioni alpine. Il più noto di questi svenimenti è quello di Alessandro Humboldt nell'America del Sud [1].

" Une fois, sur le volcan de Pichincha, je ressentis, sans aucun saignement, un si violent mal d'estomac accompagné de vertige, que je fus trouvé étendu sans connaissance à terre au moment où je venais de me séparer de mes compagnons. L'altitude n'était que de 13 800 pieds (4480 metri), par conséquent peu considérable. „

Nello studio comparativo della fatica a differenti altezze, non potevo limitarmi a contare il respiro, ma lo registrai, perchè può cambiare la profondità respiratoria, rimanendo eguale la frequenza dei movimenti. La necessità di essere breve, rende impossibile la riproduzione di molti tracciati che scrissi per analizzare meglio questi fenomeni. Uno però credo sia utile riferirlo intero perchè esso ci fa assistere ad uno svenimento prodotto dalla fatica sulle Alpi.

Il giorno 16 agosto 1894 nella Capanna Regina Margherita, alle ore 4.50, scrivevo la respirazione toracica del caporale Camozzi col pneumografo doppio di Marey. Il giorno precedente egli era arrivato dalla Capanna Linty scarico, con tempo bellissimo, in buone condizioni. Il tracciato normale del respiro, è rappresentato dall' ultimo pezzo di tracciato che trovasi in basso a destra nella figura 6. La linea 1.ª rappresenta un minuto di respiro normale, durante il quale fa 20 respirazioni.

Toltogli il pneumografo dal torace, il caporale Camozzi prese i due manubri di 5 chilogrammi l' uno e fece 150 sollevamenti. Il massimo, all' accampamento Indra dove aveva fatto l' ultima esperienza, era stato di 108 sollevamenti. La cifra eccezionale di 150 sollevamenti mostra come fosse grande la sua forza a quest' altezza. Appena finito gli metto subito il pneumografo e registro il respiro.

La linea 2.ª nella figura 6, rappresenta il tracciato del respiro scritto subito dopo la fatica. La frequenza è 29 al minuto.

[1] *Notice sur deux tentatives d'ascension du Chimborazo par Alexandre de Humboldt.* Annales de Chimie et de Physique, Tome 68, 1838, p. 401.

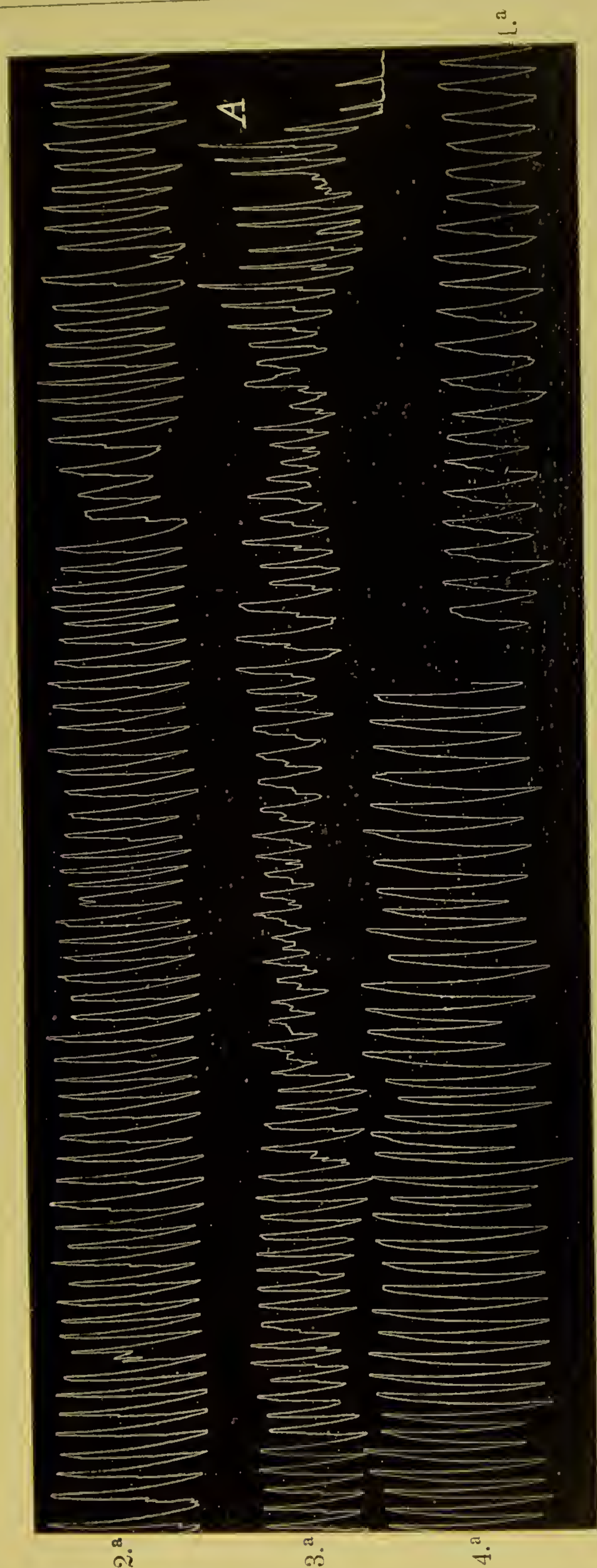


Fig. 6. — Caporale Camozzi.

Tracciato del respiro scritto nella Capanna Regina Margherita (4560 m.).

Linea 1.a in basso tracciato normale prima della fatica. — Linea 2.a immediatamente dopo aver sollevato 150 volte due manubri del peso di 5 chilogrammi ciascuno. — Nella linea 3.a ebbe uno svenimento. — 4.a linea tracciato scritto appena cessò lo svenimento.

Il polso batte 128 al minuto, e subito dopo verso la fine della linea, cresce e sale a 136 al minuto. Nella linea 3.ª, dopo 6 minuti che aveva finito di sollevare i manubri, sento che il polso radiale diviene debole e quasi non posso contarlo. Metto la mano al collo per toccare la carotide e conto 60 pulsazioni su 30". In questo momento Camozzi mi dice che vuol sedersi perchè vede venir tutto buio. Guardo il tracciato e subito scorgo che la respirazione da oltre un minuto è anch'essa profondamente cambiata. In A faccio sedere Camozzi sopra una seggiola, perchè era sempre stato in piedi: subito dopo, successe uno svenimento.

Il tracciato, come si vede, fu interrotto. Gli spruzzai la faccia con un po' d'acqua e subito rinvenne. Appena mi disse che era passato tornai a scrivere il respiro. Come si vede nella linea 4.ª della figura 6, il respiro è assai più forte di prima quando cessò il lavoro, è quasi il doppio per altezza in confronto all'ultimo pezzo di tracciato che rappresenta il respiro normale prima della fatica. Il polso invece è rallentato, perchè fa solo 104 pulsazioni al minuto.

Scritto quest'ultimo pezzo di tracciato, non volli continuare la registrazione ed invitai il caporale Camozzi a coricarsi sopra un materasso nell'altra stanza, bevette una tazza di caffè e dopo 10 minuti volle alzarsi assicurandomi che stava perfettamente bene.

Di rado i medici, e forse non mai, ebbero occasione di seguire con eguale precisione il cominciare e lo svolgersi di uno svenimento. È importante l'aver notato che il respiro ed il cuore siansi modificati contemporaneamente nelle loro funzioni. Passarono sei minuti dopo cessato l'esercizio dei muscoli prima che si manifestasse la debolezza nella funzione del cuore e del respiro. È interessante la modificazione subita dal respiro, il quale si rallentò alquanto nel principio dello svenimento, presentando una leggera fermata al principio della espirazione. I movimenti del torace diventarono molto superficiali, e cessato lo svenimento si rinforzarono.

L'eccitabilità dei centri nervosi era diminuita quando si produsse lo svenimento. Vi fu come una paralisi del centro respiratorio, e dei nervi cardiaci. Per quale ragione sia succeduta questa paralisi centrale non saprei dire: ma basta questa osservazione per convincere chiunque che non è la insufficienza del respiro che ci impedisca di lavorare sulle Alpi, e non è l'ossigeno che ci manchi durante il lavoro. Per sei minuti dopo che cessò il lavoro parve che tutto procedesse normalmente. Il primo fenomeno morboso fu al contrario una diminuzione nella profondità e nella frequenza del respiro.

Il sangue continuò a diventare venoso durante lo svenimento. Questa asfissia incipiente non aggravò le condizioni, il che prova essere stata un'altra la causa della diminuzione di eccitabilità subita dai centri nervosi. Appena ristabilita la forza nervosa il centro respiratorio cercò di rimediare alla precedente diminuzione del respiro. Questo ci spiega perchè la respirazione non sia mai stata così forte quanto in principio della 4.ª linea del tracciato.

Anche qui osservammo che il massimo delle pulsazioni cardiache, non si raggiunge nella fatica, o immediatamente dopo cessato il lavoro; ma passati alcuni minuti di riposo, il polso saliva da 128 a 136. Su questo punto torneremo in seguito. Sappiamo intanto che cessando l'esercizio dei muscoli, non migliorano subito le condizioni, che anzi peggiorano. Forse l'emozione incosciente del sistema nervoso durante il lavoro dei muscoli è un eccitamento che agisce sul centro del respiro e del cuore. Forse quando cessa la lotta e lo sforzo, questi centri abbandonati al riposo sono paralizzati dai veleni della fatica.

VII.

Alessandro Humboldt[1] misurò nelle Ande l'altezza alla quale vide volare un condor e trovò che era di 21 834 piedi (7072 metri). I fratelli Schlagintweit[2] raccontano che videro nell'Asia delle aquile e degli avvoltoi a 23 000 piedi (7452 metri) e che per sei giorni mentre stavano all'altezza di 6000 metri sul Ibigamin furono seguiti dalle cornacchie (*Tibetan raven*) che mangiavano gli avanzi dei loro accampamenti.

Osservazioni più modeste possiamo far anche sulle nostre Alpi, e non sono meno degne di meraviglia.

I gracchi (*Graculus alpinus*) partivano spesso da Alagna e venivano su a stormi sino alla Capanna Regina Margherita. Una volta col cannocchiale li vidi sopra il Ghiacciaio delle vigne, che volavano in su facendo una grande spira. Ci chiudemmo subito nella capanna e stetti a guardarli da una fessura, quando si posarono davanti alla porta per mangiare gli avanzi della cucina.

[1] Alexander von Humboldt, *Ansichten der Natur.* Zweiter Band, Erläuterungen, 2, S. 4.

[2] Hermann, Adolphe and Robert Schlagintweit. *Results of a scientific mission to India and High Asia.* — Leipzig London, 1862, Vol. II.

Li osservai bene a pochi passi, e il loro respiro era tranquillo, come non mi sarei imaginato pensando che erano venuti su così presto, alzandosi per circa 2000 metri d'un tratto.

Zumstein racconta che fu circondato da una quantità di questi gracchi la prima volta che saliva sul Monte Rosa. Ho veduto spesso questi uccelli girare sulle cime più alte e più deserte del Monte Rosa, dove tranne qualche insetto trasportato dal vento, manca ogni traccia di vita, e pensai che queste cornacchie, come gli avvoltoi ed il condor, non giungono a tali altezze per cercare di che pascersi. Non so dire perchè ci vanno, ma certo non soffrono e non deve costare loro grande fatica questo andare a zonzo per un'aria tanto rarefatta.

Gli studi recenti di sperimentatori abilissimi tendono a dimostrare che l'ossigeno assorbito dalla respirazione cresce nella medesima ragione del lavoro compiuto. Vedremo in seguito altri fatti più convincenti che ci obbligheranno a dare minore importanza all'ossigeno che respiriamo, come causa immediata della energia sviluppata dai muscoli.

Gli uccelli che vivono nelle regioni più elevate dell'atmosfera, per reggersi nell'aria tanto rarefatta devono compiere un lavoro talmente energico dei muscoli come forse non fanno mai gli animali sulla terra. Ciò nulla meno sembra che essi fra tutti gli esseri viventi, siano quelli che hanno bisogno di meno ossigeno nel respirare.

Spesso guardando gli uccelli che volavano intorno al Monte Rosa pensavo che forse lo studio della fatica in questi animali ci aprirà dei nuovi orizzonti, essendo inesplicabile che siano gli animali più caldi fra tutti e siano viceversa quelli che respirano meno frequentemente. Il Condor fa solo sei respirazioni al minuto (quattro volte meno di noi) e scorre veloce dove l'uomo non è ancora giunto camminando, e se forse vi arriva " sarà pieno di angoscia e privo di forza ", come disse Humboldt[1].

[1] *Der Mensch befindet sich in solchen Höhen in einem beängstigenden asthenischen Zustande.* Opera citata, p. 37.



Albergo del Colle d'Olen (altitudine 2865 metri).

CAPITOLO SECONDO.

Un'ascensione d'inverno al Monte Rosa.

I.

Un'ascensione d'inverno al Monte Rosa?

Che pazzia! Perchè?

Fu per svago. Avevo bisogno nei miei studi di provare una grande fatica, specialmente una fatica degli occhi come può dare solo il bagliore prolungato della neve sulle Alpi. Spero sarò giudicato con indulgenza se questa ascensione invernale, non fu del tutto inutile per la fisiologia. Prima però vorrei far conoscere l'ambiente dove ho fatto i miei studi, ricordando le vicende degli alpinisti che quivi iniziarono le ricerche scientifiche.

Gli italiani avevano già conquistato il Monte Rosa e disegnate con esattezza tutte le sue punte, quando dal lato settentrionale non sapevasi ancora dove fosse questa montagna.

G. Studer nella sua storia delle Alpi scrisse “ che fino al 1830 i topografi svizzeri e i disegnatori di panorami scambiarono il

Monte Rosa col Mischabelhörner[1]. „ Adesso chi dal lato di Zermatt o dalla Capanna Regina Margherita (come si vede nella figura a pag. 257) guarda la distanza che separa la cima del Mischabelhörner dal gruppo del Monte Rosa, si persuade a stento che sia tanto vicina quest'epoca quasi preistorica dell'alpinismo, nella quale la regina delle Alpi era ancora sconosciuta e confusa colle montagne più basse che si stendono verso il settentrione.

Nel 1788 il Conte di Morozzo, presidente dell'Accademia delle Scienze di Torino[2] tentava la prima ascensione del Monte Rosa. Disgraziatamente provò dal lato di Macugnaga, ed arrivò solo a 3700 metri. La prima via tentata dalla parte dove il Monte Rosa si mostra meglio in tutta la sua grandezza, fu l'ultima ad essere percorsa, dopo un secolo di prove nel 1872. Parlo del Conte di Morozzo anche per ricordare il tempo più glorioso della fisiologia italiana. Verso la fine del secolo scorso si iniziava in Italia prima che altrove lo studio esatto della respirazione. Spallanzani e Fontana furono i più grandi fisiologi di quei tempi. Accanto ad essi stanno Cigna che ricorderò più tardi e il Conte di Morozzo. La sua memoria col titolo: *Expériences eudiométriques sur l'air pur vicié par la respiration animale* è un lavoro che merita di essere tolto dall'oblio, perchè le ricerche in esso contenute sono poco diverse da quelle che facciamo adesso. L'idea fondamentale del libro di P. Bert sulla pressione barometrica, cioè di analizzare l'aria nella quale muore un animale per asfissia, con l'intento di conoscere i mutamenti che ha subito la composizione dell'aria, è un'idea del Conte di Morozzo, e che egli primo mise ad effetto coll'analisi eudiometrica.

Le cinque ascensioni di Giuseppe Zumstein sul Monte Rosa. sono dal lato alpinistico forse più importanti che non quella di Saussure sul Monte Bianco. Perchè Jacques Balmat aveva già fatto due volte l'ascensione del Monte Bianco, quando partì con altre diciassette guide per condurre Saussure[3].

L'Accademia delle Scienze di Torino pubblicò nel 1820 la relazione di Zumstein, dove è descritta la prima gita fatta con Vincent alla piramide che ora porta questo nome[4]. La descrizione dei quattro viaggi successivi venne pubblicata in tedesco nella Mono-

1 G. Studer, *Ueber Eis und Schnee.* Bern, 1869, II Ablh. S. 4.

2 Conte C. L. Morozzo, *Sur la mesure des principaux points des États du Roi.* M. IX, 1.

3 Saussure, *Relation abrégée d'un voyage à la cime du Mont Blanc 1787.*

4 J. Zumstein et N. Vincent, *Voyage sur le Mont Rose et première excursion de son sommet méridional.* Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino, Tomo XXV, 1820, p. 230.

grafia del Monte Rosa, scritta dal v. Welden, che erasi recato in quel tempo[1] a Gressoney, donde fece molte ascensioni col Zumstein e diede il nome alla Ludwigshöhe.

Ho trovato nell'Archivio dell'Accademia delle Scienze di Torino, la relazione autografa che Zumstein, come socio corrispondente, vi presentò il 1.° marzo 1824. A quei tempi il Monte Rosa si conosceva solo dal lato di Macugnaga, tutti credevano che sotto le punte dal lato settentrionale vi fosse una valle profonda. È stato Zumstein il quale scoprì l'altipiano di ghiaccio che sta come un immenso anfiteatro in mezzo alla corona che fanno le punte del Monte Rosa. Uno splendido disegno a tempra delle ultime cime del Monte Rosa, fu da me trovato fra le carte del Zumstein. Spero che non mi mancherà il tempo di pubblicare un cenno biografico di Zumstein coi nuovi documenti che ho raccolto: qui mi limito a copiare un frammento del manoscritto dove egli racconta come fu da lui conquistata la vetta che porta il suo nome, e dove si vede ancora la croce di ferro che egli vi ha piantato. Zumstein dormì a 4217 metri nel crepaccio di un ghiacciaio, e fino a Tyndall nel 1859, nessun altro si fermò la notte così in alto sulle Alpi[2].

“ Je vis avec satisfaction, de l'endroit où je me trouvois, que l'on pouvoit fort bien escalader la pointe que nous nous étions proposée pour but de notre voyage. Cette grande mer de glaces et de neiges qui ne presentoit aucune crevasse étoit unie et d'une blancheur éblouissante.

“ Au milieu de mes observations arrivèrent mes amis et quelques porteurs: ces derniers déposèrent léur charge et retournèrent à la rencontre des autres. Après quelques moments de repos, M. Molinatti, qui venait d'arriver, se hâta d'établir son theodolite à côté de mes autres instrumens, mais en vain; car à peine étoit-il prêt que les nuages se serrèrent autour et au-dessus de nous, et les cimes lointaines se dérobèrent à notre vue.

“ La nuit approchait et nos porteurs n'arrivoient point. Une grande partie de nos effets étoit aussi en arrière, et notamment la tente et le bois dont nous avions si grand besoin. Il étoit six heures du soir et personne ne venoit. Le thermomètre étoit à — 7°. Un changement de température de 15° en si peu de temps fit sur moi un très mauvais effet. Mes gens étoient engourdis et un som-

[1] Ludwig Freiherr v. Welden, *Der Monte Rosa.* Wien, 1824. Un sunto di questo libro fu stampato nella “Bibliothéque universelle de Génève„, Tome XXVII, p. 221 e tome XXVIII, p. 63 nel 1824 e 1825.

[2] J. Tyndall, *Hours of Exercise in the Alps.* London, 1871, pag. 54.

meil insurmontable me gagnoit. Mes compagnons me virent pâlir tout à coup, je me sentois sans forces et sans courage. Mais le vieux Jos. Beck, chasseur expérimenté, commença à me secouer, à me déplacer, afin que mon sang pût se réchauffer, et à me prodiguer toute sorte de secours.

" Le froid augmentait de plus en plus ainsi que notre embarras. Il est aisé de s'imaginer de quelle terreur nous étions pénétrés. Placés à une hauteur de 13 000 pieds au-dessus du niveau de la mer, avec 10° de froid, toujours croissant, sans abri, sans feu, les pieds sur la glace, à la belle étoile, et exposés à toute la rigueur et à tous les dangers de la nuit imminente.

" Nous avions enfin résolu d'affronter les plus grands périls en retournant sur nos pas, malgré l'obscurité de la nuit, qui n'étoit pas dans ce jour éclairée par la lune, lorsque enfin les porteurs tant désirés arrivèrent avec leurs charges. . . . .

" Nous arrivâmes au bord de la fente par une paroi de neige inclinée à 65 degrés environ. Le vieux chasseur Jos. Beck fut le plus hardi et le premier qui osa descendre au fond de la fosse par quarante marches qu'il tailloit lui même avec la hache dans la neige et la glace, et nous ayant assuré que le fond étoit formé de neige ammassée par les vents et fort compacte, nous descendimes tous dans cette espèce de tombeau les uns après les autres. Nous étions tous transis de froid, et moi presque engourdi et hors d'état d'aider les autres pour l'établissement de notre tente, qui fut dressée par l'intrépide Jos. Moritz Zumstein, tandis que le robuste Marty nous préparoit le bois et nous allumoit un bon feu dont nous avions le plus grand besoin.

" Quoique nous ne fussions guère disposés à manger, nous partageâmes entre nous une soupe succulente, et nous nous tapîmes sous la tente. Nous étions onze individus couchés par terre, tous sur le côté droit serrés les uns contre les autres de peur de géler pendant la nuit, et nous nous endormîmes ainsi dans les bras du destin.

" Je fus pendant la nuit attaqué d'une forte palpitation; je croyois étouffer; mais m'étant dégagé des autres je me levai, je pris haleine, et bientôt je pus me recoucher tranquillement et dormir jusqu' à la pointe du jour.

" Nous nous trouvions à 2188 toises au-dessus du niveau de la mer (qui est à peu près la hauteur de la Jungfrau dans le Haut Bernois) et 193 toises ou 1158 pieds plus élevés que l'endroit où M. de Saussure passa la nuit sur le Mont Blanc. . . . . . .

" A sept heure et demie du matin tout le monde étoit prêt. A une demi-lieue environ nous passâmes auprès des pointes orien-

tales, en marchant sur une grande plaine de neige ondulante comme les eaux de la mer et un peu inclinée vers le Valais: et à une lièue plus loin, montant toujours à un angle de 30° degrés environ, nous arrivâmes au pied du sommet pyramidal que nous commençames à escalader. M. Molinatti, incommodé de la trop grande rareté de l'air, étoit forcé de s'arrêter de temps à autre.

“ La dernière arête de neige à surmonter faisait un angle de 65 degrés. Nous l'abordâmes précédés par l'intrépide chasseur Castet, qui, armé de sa hache, tailloit dans la neige et la glace des marches où nous pussions mettre le pied. A mesure que nous avancions sur cette affreuse crête qui donnait en partie sur la vallée de Macugnaga, la neige se perdoit presque entièrement et nous ne trouvions plus sous nos pas que de la glace unie et solide. Si un pied nous eût manqué en ce moment s'en étoit fait de nous; et nous faisions une chute à plomb de 8000 pieds; mais, par bonheur, aucun de nous n'eut de vertiges dans un moment aussi décisif. „

II.

Di rado cade tanta neve, quanta ne venne giù l'inverno del 1885. Pietro Guglielmina al quale Alessandro Sella ed io ci eravamo indirizzati perchè facesse da guida ci scriveva da Alagna che la neve era più alta di un uomo. Partimmo da Alagna la mattina del 13 febbraio colle racchette sotto i piedi. Dopo tre ore di marcia faticosa trovammo una cappelletta. Il sole aveva sciolta la colmatura della neve sul bordo della gronda, e noi ci sedemmo sulle lastre del tetto per riposarci. A mezza strada verso il Colle dell'Olen si tentò qualche volta di conoscere quanto fosse alta la neve; tastandola coll'alpenstock e affondando tutto il braccio, non si toccava la terra, nemmeno nei poggi dove certo era minore la sua altezza. La neve aveva colmato i greppi, i dirupi, il torrente, ed era un piano uniforme. Di quando in quando ci arrestavamo a prender fiato e scotere le racchette per liberarle dalla neve attaccaticcia. Ma si affondava sempre più e a stento levavasi il piede fuori della neve. Si tirava innanzi a spintoni inciampando, cadendo, strascicando i ginocchi, impaniati nelle racchette, affondando talvolta fino alla cintola.

Finalmente arrivammo sotto il Colle dell'Olen; il respiro era affannoso, il cuore batteva così forte che mi dava molestia il sentirlo picchiare; contai fino a centodieci pulsazioni al minuto. Ben-

chè fossimo a solo 2800 metri, la carovana si fermava ad ogni trenta passi. Eravamo tutti sfiniti ed il mio intento di provare una grande fatica era completamente raggiunto.

Ad Alagna alle ore 7, prima di alzarmi da letto, Polso 59 a 60. Respiro 14. Temperatura rettale 36° 6.

Arrivammo alle 4.10 all'albergo dell'Olen. Polso 114 — 112. Dopo essermi fermato 15 minuti, Temperatura 38° 1. Respiro 16. Si vide anche qui che il respiro si regolarizza assai più presto del cuore. La temperatura presentò questo di notevole che dopo le prime due ore di marcia raggiunse alle 10,45 il suo massimo 38° 2 e il polso giunse fino a 122 pulsazioni. Dopo vi fu una leggera diminuzione nella temperatura e nel polso, quantunque l'ultima parte della salita fosse più faticosa.

Alle ore 8 pom., Polso 80. Temperatura rettale 36° 9.

Nella notte dormo poco, ho la febbre, temperatura 38° 5. Al mattino alle ore 7 la temperatura diminuisce 38° 1. Polso 84. Respiro 19.

Questa è la febbre della stanchezza che in me si produce regolarmente quando dopo la vita sedentaria faccio una grande fatica. Presi alle 10 una tazza di caffè e latte e mi alzai a mezzogiorno per far colazione completamente guarito. Però mi mancava ancora l'appetito.

Ore 3.15. Temperatura rettale 36° 8. Polso 67. Respiro 16.

Partimmo il 15 febbraio di domenica all'una antimeridiana. Quando siamo partiti dall'albergo dell'Olen la temperatura dell'aria era — 5°.

A mezzanotte, Polso 68. Respiro 16. Temperatura 37°.

Arriviamo alla Capanna Gnifetti alle 6.30 dove ci fermiamo mezz'ora mentre spunta il sole. Alle ore 10 siamo già sulla piramide Vincent. Polso 130. Temperatura 39° 1. Ero molto stanco. Nel mio taccuino scrissi " respiro poco ansante, non in modo corrispondente al polso. Temperatura dell'aria — 10°: della neve — 15°. „

Ritornato dalla Piramide Vincent alle ore 3.40. Temperatura 38° 7. Polso 86.

Ore 6.15, coricato nel letto dopo aver cenato. Temperatura 38° 1. Polso 80. A mezzanotte, temperatura 37° 1.

La notte dormii e non ebbi più la febbre. Lunedì mattina nel letto appena svegliato ho 36° 9 di temperatura. Polso 60. Respiro 16.

Bastano queste cifre per farci conoscere il corso che tiene la febbre della fatica.

Da Alagna all'albergo dell'Olen vi sono 874 metri (da 1991 a 2865). La temperatura crebbe rapidamente nelle prime due ore di marcia e raggiunse 38° 2. Alle ore 8 di sera, dopo 4 ore di riposo, la mia temperatura torna normale. Nella notte si produce un

accesso di febbre che dura fino verso le 11 del mattino. Quando salgo alla piramide Vincent faccio uno sforzo maggiore, perchè mi alzo di 1350 metri (da 2865 a 4215) e la marcia notturna sui ghiacciai, non affatto priva di pericoli, contribuì certo ad accrescere la stanchezza. Il mio organismo si è però già allenato ed abituato alla fatica quando giungo sulla piramide Vincent. La notte dopo l'ascensione dormo profondamente senza febbre.

Partiamo alle 8.40 del mattino dal colle dell'Olen colla neve e scendiamo ad Alagna.



Fig. 7. — Manometro a mercurio per scrivere la forza dei movimenti respiratori.

III.

" In un prossimo libro sulla *fatica*, esporrò le ricerche fisiologiche e gli esperimenti, che furono lo scopo principale di questa ascensione d'inverno„ così scrissi nelle ultime linee di una relazione che stampai intorno a questa ascensione d'inverno[1]. Le indagini sulla fatica nervosa presero tale sviluppo nel libro sulla fatica, che mancommi lo spazio per parlare delle ascensioni.

Ora vedo con sorpresa che quelle mie ricerche non sono invecchiate. Passarono dodici anni e a nessuno dei fisiologi è ancora venuto in mente di far gli studi che tentai allora. Certo non hanno migliorato aspettando, ma le esperienze incomplete d'allora fecondarono questo mio libro del quale formano come il primo nucleo.

Ho portato con me un manometro a mercurio per misurare

[1] A. Mosso, *Una ascensione d'inverno al Monte Rosa.* Milano, Fratelli Treves, 1885.

l'azione dell'aria rarefatta e della fatica sulla forza del torace. La figura 7 rappresenta questo apparecchio.

Per evitare che vi fosse un errore dovuto all'aspirazione della bocca, mettevo nel naso un tappo di sughero lavorato in modo che chiudesse ermeticamente una delle narici. Tale turacciolo che vedesi alla estremità del tubo nella figura, era attraversato da un pezzo di vetro che per mezzo di un tubo di gomma imboccava il manometro, ossia un tubo di vetro piegato a U e pieno fino a metà di mercurio. Messo il turacciolo nel naso, chiudevo col dito l'altra narice e leggevo, sulla scala divisa in millimetri, fino a che altezza sollevavasi il mercurio durante una inspirazione profonda.

È un'esperienza facile che ciascuno può fare da sè, mettendosi il manometro vicino in modo da poter leggere la scala del medesimo. A Torino ottenevo una pressione negativa di 88 a 92 mm. di mercurio. La sera che giunsi al colle d'Olen ripetendo la medesima esperienza, vidi che la forza del torace era molto diminuita, i valori che lessi furono i seguenti:

70 mm. 60 — 60 — 64 — 68 — 64 — 60.

Il giorno dopo la forza della inspirazione torna a 80 mm: e il massimo al quale giunsi fu 84 mm. di mercurio.

Presi il manometro quando andai alla piramide Vincent e lo portai io stesso, credendomi sicuro perchè la guida Gilardi oltre le provvigioni portava alcuni strumenti che mi servirono per le ricerche di ottica. Presso la vetta il vento aveva scavato nella neve dei grandi scaglioni vetrificati. Qui caddi e il manometro andò in pezzi. Giunsi sulla vetta estremamente spossato, scrissi poche linee sul taccuino fra le quali notai " sento un'ambascia del respiro dovuta probabilmente alla fatica del torace ".

Ritornato a Torino studiai la fatica dei muscoli che fanno l'inspirazione, e trovai che si affaticano nello stesso modo degli altri muscoli. Riferisco un tracciato per dare un esempio della fatica toracica, della quale si analizzano qui per la prima volta gli effetti.

La figura 8 rappresenta il tracciato scritto dall'inserviente del Laboratorio Giorgio Mondo. Messo il turacciolo nella narice destra, faceva una inspirazione profonda: chiudendo la narice sinistra il mercurio sollevavasi nel braccio del manometro dove si faceva l'aspirazione e scendeva naturalmente dall'altra. Lo stiletto



La piramide Vincent (4215 m.) vista dal nostro accampamento presso la Capanna Linty (3047 m.). A sinistra in alto sull'orizzonte vedesi la roccia sulla quale venne costrutta la Capanna Gnifetti.

galleggiante abbassandosi scriveva la prima linea a sinistra. Dopo l'inspirazione succedeva una espirazione naturale perchè aprivasi subito la narice sinistra. Passati 4 secondi un assistente faceva segno colla mano di ripetere un'altra inspirazione. Questa è rappresentata dalla seconda linea, poi una terza e così di seguito ogni 4 secondi. In questo tracciato per fare economia di spazio, non venne rappresentata nella figura la parte delle oscillazioni superiore alla linea del riposo. Si comprende che il mercurio essendo un liquido molto pesante oscilli per legge di inerzia nel tubo del manometro, quando viene sollevato il suo livello da una

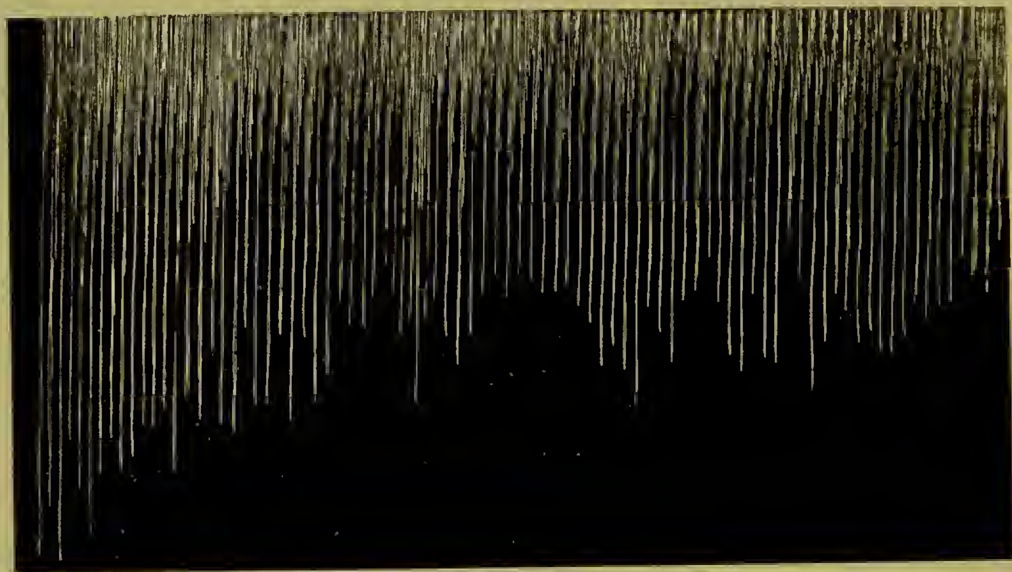


Fig. 8. — Giorgio Mondo.
Tracciato scritto col manometro in comunicazione col naso per mostrare la fatica del torace quando compie una serie di respirazioni profonde.

parte come succede in questa esperienza. Le oscillazioni successive si vedono scritte per metà in alto alla base di ciascuna linea, che rappresenta la forza dell'atto inspiratorio.

Le linee vanno sempre decrescendo di altezza, il che prova che esiste pure una stanchezza per i muscoli della respirazione.

Alle tante modificazioni che produce la fatica nel nostro organismo, dobbiamo aggiungerne un' altra, — la diminuita capacità respiratoria.

Il tracciato è riprodotto in grandezza naturale, ci dà la misura della forza della inspirazione che qui sarebbe di 114 mm. di mercurio. Questo è un dato utile del quale parlerò in seguito, studiando l'azione del vento sul respiro.

La così detta oppressione di petto della quale parlano gli alpinisti che soffrirono il male di montagna, forse è l'esagerazione del sentimento di stanchezza che proviamo nei muscoli del torace, consociato all'ambascia che dà l'affanno del respiro.

IV.

L'influenza della fatica sull'acutezza visiva e la percezione dei colori, sono due capitoli importanti dell'ottica fisiologica che non furono ancora studiati con sufficiente larghezza. Nel fondo dell'occhio vi è una membrana sulla quale gli oggetti luminosi producono delle fotografie. Una sostanza rossa, scoperta dal Boll, mentre era professore a Roma, dà un colore purpureo al fondo dell'occhio: questa sostanza si distrugge colla luce, e si riproduce di continuo nell'oscurità.

Avevo portato con me un paio di occhiali scurissimi che lasciavano riposare la vista mentre affaticavo il corpo. Volevo a questo modo conoscere l'influenza della fatica generale sull'occhio, e viceversa poi volevo affaticare l'occhio coll'abbagliamento della neve e dei ghiacciai per stabilire come si modifichi la percezione dei colori quando la luce intensissima delle Alpi distrugge con rapidità insolita la porpora visiva dell'occhio.

È noto che il senso dei colori presenta differenze notevoli e che vi sono delle persone le quali confondono il rosso col verde, il giallo coll'azzurro. Avevo portato con me una tavola colle lane colorate, fatta secondo il metodo di Holmgren [1] per studiare come si modificasse la percezione dei colori per effetto della fatica musculare o per effetto della fatica oculare.

Un altro metodo che adoperai consisteva nel misurare a quale distanza si potevano ancora distinguere le gradazioni di colore in una serie, dove la medesima tinta scemava progressivamente di intensità con una serie di gradazioni numerate e distinte. Adoperavo a tale scopo le lane di Holmgren, nelle quali un colore, ad esempio il verde, si trova in sette gradazioni.

Questo metodo che m'era sembrato abbastanza esatto per studiare la fatica dell'occhio in pianura, m'accorsi quando fui al colle dell'Olen, che non valeva egualmente bene per le montagne; perchè in alto la luce è assai più viva, così che già al Colle dell'Olen vedevo, alla distanza di due metri, più distinte tutte le

[1] D. A. Daae, *Die Farbenblindheit und deren Erkennung.*

gradazioni dei colori che non in basso; e quando fui sulla vetta della piramide Vincent la luce era così intensa che, malgrado il forte abbarbagliamento, distinguevo ancora meglio i colori.

Io credo che il nostro occhio si rinforzi dopo pochi giorni passati sulle Alpi. Esiste secondo ogni probabilità anche un allenamento per l'occhio. Un pittore che esca d'inverno dal suo studio e vada in montagna a fare degli studi vede meno bene la natura di quanto non la vedrà dopo una settimana di esercizio in piena luce. Delle grandi masse illuminate fortemente, che nel principio sembravano uniformi, mostreranno dopo delle particolarità e dei rilievi che prima non erano percepiti. Le gradazioni delle tinte si renderanno più palesi e l'occhio potrà analizzare assai meglio le ombre ed i colori. Quando feci le prime osservazioni al colle d'Olen erano già tre giorni che io vivevo in mezzo alla neve illuminata dal sole. Alla intensità maggiore della luce che mi faceva distinguere meglio le gradazioni delle lane colorate, credo debba aggiungersi la forza maggiore che aveva acquistato il mio occhio in tre giorni di allenamento.

Malgrado questa difficoltà alla quale non ho saputo come riparare, ho imparato da queste osservazioni cose importanti. Se la porpora visiva si distrugge tutta, come probabilmente succede quando l'occhio è abbagliato dalla luce continua dei ghiacciai, noi siamo ancora capaci di riconoscere bene i colori.

In secondo luogo possiamo riconoscere bene il rosso ed il violetto che sono i colori estremi dello spettro anche quando l'occhio è molto affaticato.

Secondo una teoria moderna, abbiamo nella retina in fondo all'occhio tre sostanze, ciascuna delle quali dà origine a due sensazioni fondamentali. L'aver osservato ad esempio che vedevo egualmente bene il giallo ed il bleu quando l'occhio era molto affaticato, a me sembra contrario a questa teoria. Ma non è qui il luogo di fermarsi per una critica dove non ho raccolto prove sufficienti.

Appena mi accorsi che la luce era troppo viva e che non era possibile un raffronto colle esperienze di Torino, pensai che potevo fare egualmente uno studio sui colori, scrivendo le impressioni del paesaggio come io lo vedeva, guardando il cambiamento continuo dei colori quale succede nel mondo alpino. Fissai la mia attenzione specialmente sull'aurora e sul tramonto. Fu così che è nata quella descrizione di impressioni della natura che forma la parte maggiore del mio opuscolo *Un'ascensione d'inverno al Monte Rosa*. Alcuni avranno creduto che fosse un tentativo letterario, invece fu uno studio fisiologico del mio occhio per segnare come era la percezione dei colori durante la fatica.

Il mio concetto era che l'occhio eccessivamente stanco dal bagliore delle nevi abbia scarsa la sensibilità luminosa e provi una deficienza nella percezione della luce verde e che debba per altri riguardi rassomigliare all'occhio di un vecchio. Sulla alterazione che subisce la percezione dei colori nei pittori vecchi si sono già fatti molti lavori, ma nessuno studiò fino ad ora con sufficiente esattezza l'influenza della fatica della retina sulla percezione dei colori e l'influenza che la fatica eccessiva del corpo esercita sull'occhio.

I pittori sono certo in condizioni assai più favorevoli di noi fisiologi per approfondire queste indagini, perchè essi col lungo esercizio giudicano meglio il colore delle tinte e la loro intensità luminosa. I pittori conoscono assai meglio di noi la prospettiva atmosferica, il tono dei colori e la loro saturazione. Lo studio delle ombre che è quasi ignoto ai profani è invece il campo più fecondo per simili studi sulle Alpi dove l'artista analizza con sicurezza il contrasto dei colori e della luce.

Il pittore non ha bisogno degli apparecchi speciali che noi fisiologi adoperiamo in simili studi. A lui basta di osservare la natura e di guardare la paletta colla quale dipinge.

Appunto perchè è uno studio nuovo, e per farlo non occorre di essere fisiologi, ma basta qualunque persona intelligente che abbia un po' di sentimento artistico, io accennai lo stato della questione ed auguro che altri possa recare un maggiore contributo di nuove osservazioni.

L'alterazione della vista negli ultimi anni in Tiziano è un fatto che molti conoscono. Alcuni credono che questa differenza dipenda da un opacarsi dei mezzi rifrangenti dell'occhio, da un cambiamento della trasparenza nella cornea e nel cristallino, ma non è questa la sola causa.

Guardiamo Rembrandt per esempio. Nessun pittore aveva domandato al suo occhio un lavoro più minuto, più continuo e più faticoso. Basta pensare alle sue acqueforti per restar pieni di ammirazione e conoscere lo sforzo continuo e le difficoltà che egli ha superate per giungere alla sua perfezione. La sua grande abilità a leggere nelle ombre le più oscure, le particolarità minute degli oggetti, l'arte sua di graduare l'effetto che produce nell'apparenza delle forme, la modificazione di una luce più o meno viva, più o meno obliqua, la potenza sua nel chiaroscuro, fu il risultato di una fatica lunga come nessun artista aveva mai sopportata prima di lui. Il suo occhio si era talmente affaticato che dall'età di 56 a 58 anni dovette riposarsi. E quando riprende dopo

un lungo riposo, il suo occhio dà i segni di una vecchiaia precoce. La sua maniera è mutata.

Nella fatica diminuisce la forza dell'attenzione e diventiamo incapaci di un lavoro mentale complicato. Altrettanto vediamo nei quadri fatti da Rembrandt dopo il 1664 i quali rappresentano un lavoro che non richiede più una lunga preparazione. Pare che tutta la sua vita feconda di inspirazione, che la sua grande esperienza siasi interrotta e i suoi quadri hanno una composizione semplice. Generalmente sono due o tre figure grandi, perchè l'occhio sembra si rifiuti ad un lavoro minuto, i suoi schizzi sono larghi ed incompleti, come la rappresentazione di un'idea più vaga e indeterminata. E. Michel scrisse di Rembrandt:

" Avec le temps, ses armonies sont aussi moins compliquées, ses effets moins subtils. Le nombre des couleurs qu'il emploie est de plus en plus restreint; mais il se sert de préférence des plus riches et des plus ardentes; plus de pourpres, mais des rouges vermillon, auxquels se mêlent des jaunes vifs, et des tons fauves. „

Dalle sperienze che ho fatto sul Monte Rosa quando l'occhio era fortemente abbagliato dalla luce vivissima riflessa dalla neve e dai ghiacciai, ho conchiuso che anche nei gradi estremi di abbagliamento potevo ancora distinguere i colori, che questi però sembravano tutti più saturi, o più bassi, come dicono i pittori. Il giallo chiaro si confonde col bianco. Il rosa pallido e il rosascuro sono come sporchi e nerastri. Le ombre sono meno digradanti e molli ed all'occhio stanco appaiono più scure. Il verde tende a confondersi coll'azzurro, ed il rosso mi parve fra tutti i colori quello che l' occhio percepisce meglio anche nella profonda stanchezza.





Accampamento ad Indra (altitudine 2515 metri).

Capitolo Terzo.

La respirazione sulle montagne.

I.

Il respiro è la funzione dell'organismo che si modifica in modo più visibile nelle ascensioni. Generalmente si crede che sulle montagne il respiro sia più frequente e profondo. Lo aveva già detto Saussure sino dalla sua prima ascensione sul Monte Bianco " lassù avendo l'aria guari più della metà del suo peso, bisognava supplire alla densità, con una frequenza maggiore delle inspirazioni „. E questo ripeterono tutti sino a P. Bert, il quale ha una così grande autorità in tal genere di studi. Questa affermazione non ho potuto verificare studiando l'uomo sulle Alpi.

Non posso a meno di richiamare fin da principio l'attenzione del lettore sopra una divergenza tanto fondamentale. Qui è questione di fatti: e quando avrò dimostrato che il respiro sulle Alpi

non aumenta di profondità nè di frequenza e che queste possono anzi diminuire, sarà certo un passo che avremo fatto per considerare da un nuovo punto di vista la fisiologia dell' uomo sulle Alpi. L'errore è nato da ciò che l'azione perturbatrice di un'ascensione dura a lungo, e che le osservazioni vennero fatte su persone non del tutto in riposo.

Per eliminare tale complicazione contai la frequenza del respiro per due mesi di seguito, nei miei soldati, ed altre persone che vennero con me sul Monte Rosa: contai ogni giorno alla stessa ora, cioè prima di alzarsi da letto e la sera prima del pranzo. Siccome la frequenza del respiro si altera facilmente quando uno sa di essere osservato, per evitare tale soggezione, si contava prima il polso e dopo tenendo la mano in posto, come se si volesse continuare a tastare il polso, si contava il respiro ad insaputa della persona. Le osservazioni del pomeriggio si facevano dalle 3 alle 5, e prima di contare il respiro i soldati stavano circa dieci minuti in posizione orizzontale; le osservazioni del mattino si facevano alle 6 quando i soldati erano ancora a letto.

Nelle tabelle del capitolo sedicesimo sono indicate le osservazioni che feci sopra cinque persone, cominciando da Torino, salendo alla vetta del Monte Rosa, e dopo, nel ritorno. Al mattino il Dott. Abelli ed io ci alzavamo per turno a fare le osservazioni sul polso, il respiro e la temperatura prima che i soldati uscissero dalla tenda. Tenni conto nelle tabelle solo delle osservazioni fatte nel riposo completo. Molte volte per il servizio della spedizione c'erano dei soldati che dovevano alzarsi prima di noi, o stavano lontani da noi. Questo spiega le interruzioni frequenti che vi sono nelle tabelle riguardo al tempo. Altre osservazioni vennero fatte su di me, sul Dott. Abelli, su mio fratello e su Bizozzero, e queste le tralascio, perchè vanno d'accordo nei risultati colle tabelle riferite. Dai valori indicati si giunge alla conclusione che sulla vetta del Monte Rosa non cambia la frequenza del respiro, quando si è completamente riposati, e che parecchi di noi respiravano con frequenza minore.

Il caporale Camozzi nella Capanna Regina Margherita a 4560 m., ebbe un minimo di 9 respirazioni al minuto; e mai a Torino (che sta a 276 metri sul livello del mare) la respirazione non fu così lenta. Il soldato Sarteur ebbe pure un rallentamento del respiro che scese ad 8 per minuto sulla vetta del Monte Rosa. Nel caporale Jachini e nei soldati Marta e Cento la frequenza del respiro rimase inalterata; tanto era a Torino quanto alla Capanna Regina Margherita.

Invece nei soldati che vennero su rapidamente da Ivrea alla Capanna Regina Margherita, si osservò in tutti un aumento del respiro.

Non voglio interrompere l'esposizione dei fatti con le tabelle delle cifre dalle quali trassi tali conclusioni. Esaminando le tabelle riuscirà più facile il raffronto tra la respirazione, il polso e la temperatura nell'alta montagna.

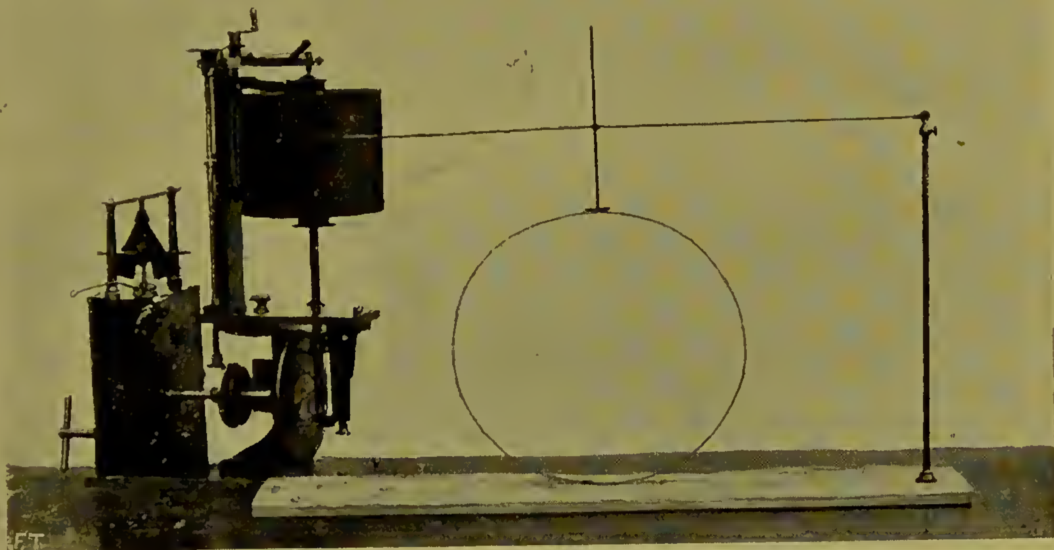


Fig. 9. — Apparecchio a leva per scrivere i movimenti del respiro. Il cerchio che sta sotto la leva rappresenta schematicamente la sezione del torace.

II.

È un fatto inatteso che sulle alte montagne facciamo lo stesso numero di respirazioni e che in alcune persone possa anche rallentarsi la frequenza del respiro. Subito però viene in mente che se le inspirazioni fossero più profonde vi sarebbe un compenso per rimediare alla rarefazione dell'aria.

Le esperienze che feci registrando i movimenti del respiro, possono in parte rispondere a questo dubbio. Per misurare con precisione l'ampiezza dei movimenti respiratori, portai sul Monte Rosa l'apparecchio rappresentato dalla fig. 9. Un'asticella met-

tallica imperniata può alzarsi ed abbassarsi scrivendo i movimenti del respiro su di un cilindro rotante.

Supponiamo che un uomo sia coricato sopra una tavola, e che il cerchio messo per schema nella figura rappresenti la sezione dell'addome di questa persona. Si abbassa dopo l'asticella e gli si mette il disco che poggi sull'addome. I movimenti respiratori solleveranno l'asticella e le escursioni sue saranno scritte sul cilindro infumato.

La figura 10 rappresenta un tracciato scritto a questo modo sul caporale Camozzi. L'altezza di ogni sollevamento è due volte più grande del vero, perchè l'addome poggiava nel mezzo dell'asticella. Ad ogni respirazione l'apparecchio scrive una linea ascendente ed una discendente nella espirazione successiva sul foglio di carta infumato avvolto attorno al cilindro il quale gira verticalmente. Nella figura 9 si vede come è fatto il meccanismo dell'orologio

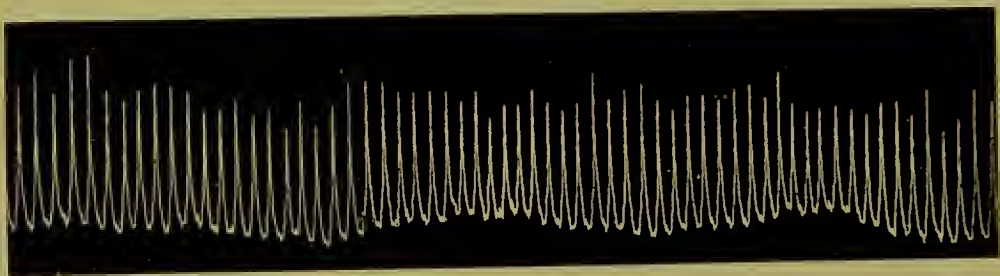


Fig. 10. — Caporale Camozzi.
Tracciato della respirazione addominale scritto a Torino colla leva.

che fa girare il cilindro, sul quale la leva scrive i movimenti del respiro.

I movimenti del respiro nell'uomo sono più forti all'addome che nel torace, per ciò in queste esperienze preferii di applicare il disco sopra l'ombellico.

A Torino, il giorno 5 luglio, ottenni alle 6 pom. questo tracciato dal caporale Camozzi; nel quale ad ogni minuto faceva 20 respirazioni ed il ritmo del respiro si manteneva regolare.

Nella Capanna Regina Margherita a 4560 metri, il giorno 5 agosto alle 5 pom., scrivendo il tracciato del respiro col medesimo apparecchio, mettendo egualmente il disco sull'ombellico e la leva a metà, ottenni il tracciato della fig. 11. La frequenza del respiro era solo 16 al minuto, le inspirazioni meno profonde.

Il respiro presenta dei periodi di attività ora maggiore ed ora minore, per guisa che in basso la linea è come ondulata, non essendo tutte le inspirazioni egualmente profonde.

Qui appare evidente che l'ampiezza e la frequenza del respiro sono meno grandi sul Monte Rosa di quello che fossero a Torino.

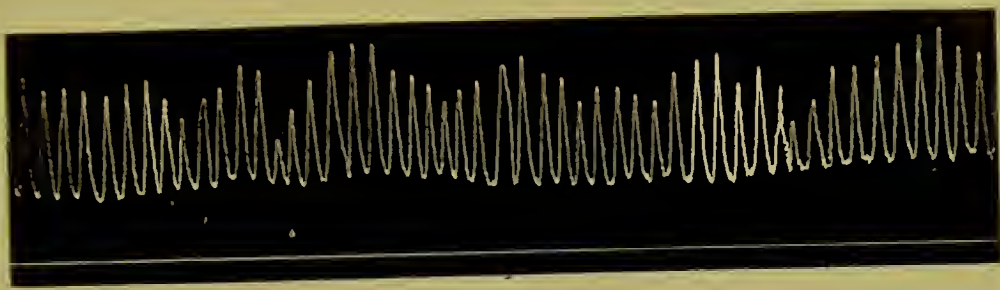


Fig. 11. — Caporale CAMOZZI.
Tracciato della respirazione addominale scritto colla stessa leva nella Capanna Regina Margherita (altitudine 4560 m.).

In altre persone vidi che era eguale il numero delle respirazioni in basso ed in alto, ma che ne era anche minore l'ampiezza.

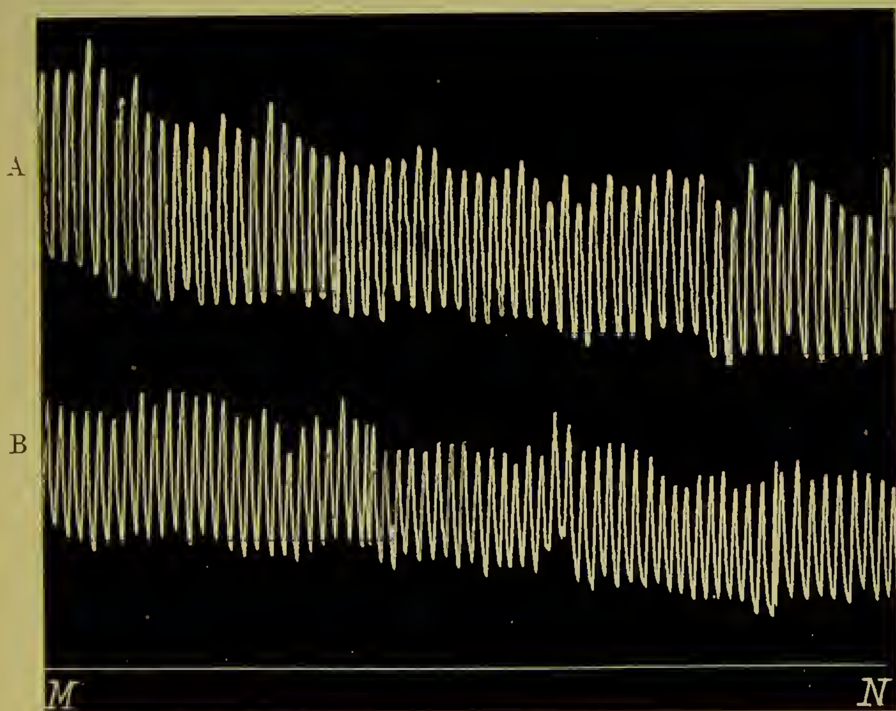


Fig. 12. — Soldato MARTA. Respirazione addominale scritta colla leva.
A) Torino. — *B*) Capanna Regina Margherita.

Il soldato Marta ad esempio il giorno 11 luglio diede a Torino il tracciato che vedesi nella linea superiore della figura 12, ed il re-

spiro era 21 al minuto alle ore 3 pom. Sul Monte Rosa a 4560 metri il giorno 12 agosto, aveva ancora la medesima frequenza del respiro, ma le escursioni dell'addome, come si vede nel tracciato, erano minori.

Queste ricerche hanno valore in quanto non vidi mai che il respiro fosse così debole, quanto sul Monte Rosa in queste due persone. Per dare una prova convincente di tal fatto ho misurato la quantità di aria che ciascuno dei miei compagni respirava in basso ed in alto.

III.

Prima devo spiegare perchè i tracciati della figura 12 sono leggermente inclinati, mentre quelli della figure 10 e 11 non lo sono.

La colonna vertebrale dell' uomo presenta due curve molto visibili. Una sporgente al dorso, la quale esagerandosi forma quella deformità conosciuta col nome di gobba, l'altra rientrante alla regione lombare. Queste curve cambiano dal mattino alla sera. Quando ci alziamo da letto siamo meno ingobbiti, e anche la pancia al mattino sporge meno. La sera il nostro profilo forma posteriormente un S più schiacciato e per ciò la statura nostra è meno grande che al mattino. Quanto più siamo stanchi altrettanto diventiamo più piccoli, perchè il tronco è meno diritto e si esagerano le sue curve indietro e in avanti. Ho prese delle misure e trovai sempre che dopo un'ascensione gli alpinisti hanno in media una statura 2 o 3 centimetri più bassa che non al mattino. Nelle persone che avevano lo zaino sulle spalle ed in alcuni portatori della nostra spedizione sul Monte Rosa, che fecero delle fatiche straordinarie, trovai una diminuzione anche di 4 centimetri.

Credo inutile riferire i numeri delle singole osservazioni da me fatte. Chi voglia convincersi della rapidità colla quale diminuisce la statura, non ha bisogno di fare delle ascensioni; prenda in mano due manubri di 10 chilogrammi l'uno, salga e scenda parecchie volte le scale di una casa e vedrà che la sua statura diminuisce di circa un centimetro. Dopo un'ora od un'ora e mezzo di esercizi molto faticosi, la statura può diminuire di 2 centimetri.

Appena queste persone si riposano, o si coricano, tornano lentamente alla statura primitiva. Le curve del dorso e dei lombi si appianano e il tronco si allunga.

Il medesimo apparecchio che ho descritto nella figura 9, leg-

germente modificato può servire per scrivere il cambiamento della curva lombare.

Tutti sappiamo che essendo coricati possiamo far passare senza difficoltà una mano sotto i lombi. Quest'arcata va poco per volta abbassandosi nel riposo. Il cambiamento che si produce in 15 minuti quando uno è stanco, possiamo vedere nella fig. 13. Il principio della linea A B venne scritto pochi minuti dopo che uno arrivò alla Capanna Gnifetti alle ore 9 del mattino, dopo essere partito dall' accampamento presso la Capanna Linty. Raddrizzandosi lentamente la curva lombare il corpo abbassa la leva colla quale è in contatto. Un anello sottile di gomma tiene sollevata l'asticella che termina nella penna la quale scrive sul cilindro infumato la linea A B. Il movimento di estensione nella re-



Fig. 13. — La linea *A*, *B* segna il raddrizzamento della curva lombare dopo la fatica, durante 15 minuti mentre una persona sta coricata.

gione lombare va lentamente rallentandosi. La leva ingrandisce tre volte il cambiamento effettivo della curva lombare.

L'inclinazione della curva A B è simile a quella dei tracciati nella figura 12.

Tale inclinazione manca nella figura 10 ed 11, perchè la persona sulla quale presi quel tracciato era meno stanca, e specialmente perchè stava coricata sulla tavola da più lungo tempo. Forse è in causa di questo raddrizzarsi della colonna vertebrale, che ci paiono più alte le persone le quali stettero a letto molti giorni.

Certo non è favorevole al respiro questa esagerazione della curva dorsale che si produce in tutti durante la fatica delle ascensioni. Per convincersene basta fare una inspirazione profonda e subito vediamo che si raddrizza la colonna vertebrale. La cosa migliore è di caricarsi il meno possibile, e di non portare lo zaino sulle spalle, ma una semplice tasca che può mettersi attorno alla cintola, quando la respirazione diviene difficile.

IV.

Nel 1869 Lortet scriveva i movimenti del respiro sul Monte Bianco [1]. Fu il primo tra i fisiologi il quale portò uno strumento registratore a quell'altezza; ma l'apparecchio adoperato era tanto imperfetto [2] che non è possibile fare un raffronto fra i tracciati che egli ottenne e quelli che io pubblico in questo libro. Egli trovò che la quantità d'aria inspirata ed espirata era meno grande sulla vetta del Monte Bianco che non ai Grands-Mulets e qui meno che a Lione. Egli notò che la durata della inspirazione paragonata a quella della espirazione, era molto più piccola alla sommità del Monte Bianco che non alle stazioni ora citate. Nei tracciati di Lortet, oltre all'azione dell'aria rarefatta vi è pure l'azione della fatica.

Le esperienze sulla forma del respiro furono da me fatte per mezzo del pneumografo doppio di Marey. Non sto a descriverlo nei suoi particolari perchè si trovano nei trattati di fisiologia. Dirò solo che dilatandosi il torace, si rarefà l'aria entro due capsule chiuse da una membrana elastica alle quali si attacca il nastro che lega il pneumografo intorno al torace. Per mezzo del tubo di gomma, questa rarefazione dell'aria si trasmette al timpano a leva: cosicchè ad ogni inspirazione la leva si abbassa e ad ogni espirazione si alza. Lo strumento di Marey è assai comodo, perchè registra i movimenti a distanza, e con esso si possono continuare le osservazioni od interromperle senza che la persona soggetta all'esperimento se ne accorga. Nella Capanna Gnifetti e in quella Regina Margherita, avevo fatto un buco nella parete che divideva una stanza dall'altra: il tubo di gomma del pneumografo, dal letto di chi dormiva, o riposava, passando a traverso il buco della parete veniva a mettere in movimento il timpano registratore: onde potevo a questo modo lavorare comodamente anche di notte.

La figura 14 è il tracciato del respiro preso nella Capanna Regina Margherita, sopra il soldato Sarteur l'11 agosto 1894, alle ore 4 pom. Il soldato Sarteur era uno dei più robusti giovani della nostra carovana. Il mattino di buon'ora era partito in compagnia del soldato Solferino, dalla Capanna Gnifetti insieme ad una guida,

[1] LORTET, *Physiologie du mal des montagnes. Deux ascensions au Mont Blanc.* Revue des cours scientifiques, 1870, pag. 119.

[2] *Anapnographe de Bergeon et Kastus.*

e portavano ciascuno circa 20 chilogrammi di provviste sulle spalle. Quando si scrisse questo tracciato erano circa quattro ore che si trovavano in riposo nella Capanna.

Frequenza del respiro 11 al minuto. Polso 74. Temperatura 37°,1.

La figura 15 è il tracciato del soldato Solferino, scritto 3 ore e 45 minuti dopo che era giunto alla Capanna Regina Margherita, portando 20 chilogrammi di legna sulle spalle.

Frequenza del respiro 21 al minuto. Polso 76. Temperatura 36°,9.

Queste due persone che hanno la medesima età e presso a poco la medesima statura, che mangiavano le stesse cose e fecero il medesimo cammino, presentano una differenza molto notevole nella frequenza del respiro. Solferino respira quasi il doppio

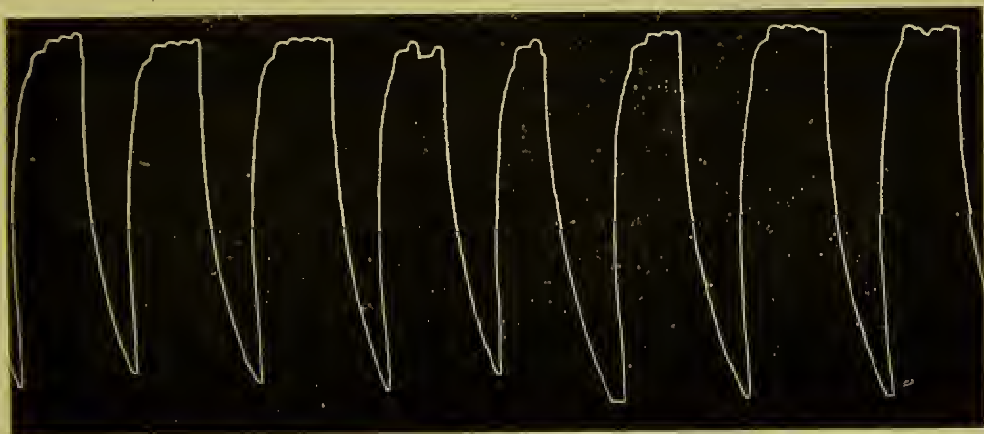


Fig. 14. — Soldato SARTEUR.
Respirazione toracica scritta col pneumografo Marey (Capanna Regina Margherita).

di Sarteur, benchè sia leggermente inferiore la temperatura del suo corpo. La temperatura della stanza era 11°,5.

Il fenomeno più importante è la pausa del respiro, la quale si vede in entrambi i tracciati. Alla fine di una espirazione il torace si arresta e la penna scrive una linea quasi orizzontale, dove si vedono tre o quattro pulsazioni del cuore (talvolta anche sei) le quali producono una linea come ondulata. Tale forma può considerarsi come tipica della respirazione a grandi altezze.

Molti fisiologi negano che fra la espirazione e l'inspirazione esista una pausa. Secondo essi il torace non si fermerebbe mai: finita l'inspirazione comincierebbe l'espirazione, finita l'espirazione comincierebbe l'inspirazione. Guardando questi tracciati vediamo che in entrambi esistono veramente dei periodi lunghi di pausa tra la espirazione e l'inspirazione successiva.

Tale arresto del respiro è importante per noi, perchè dimostra che a quell'altezza è nell'aria una quantità sufficiente di ossigeno, la quale permette al nostro organismo di respirare così lentamente che i movimenti respiratori si staccano in certa guisa l'uno dall'altro, e corre tra di essi un indugio maggiore di quanto osservasi generalmente qui in basso.

Questa è un'altra prova di quanto dissi, cioè che a grandi altezze respiriamo meno.

Alle ore 6 pom. il soldato Sarteur stava ancora sotto le coltri sonnecchiando. Vado a chiamarlo per il pranzo e mi fermo a contare il respiro prima di svegliarlo. Conto 8 respirazioni al minuto, parecchie volte di seguito. È questo il minimo che io abbia mai

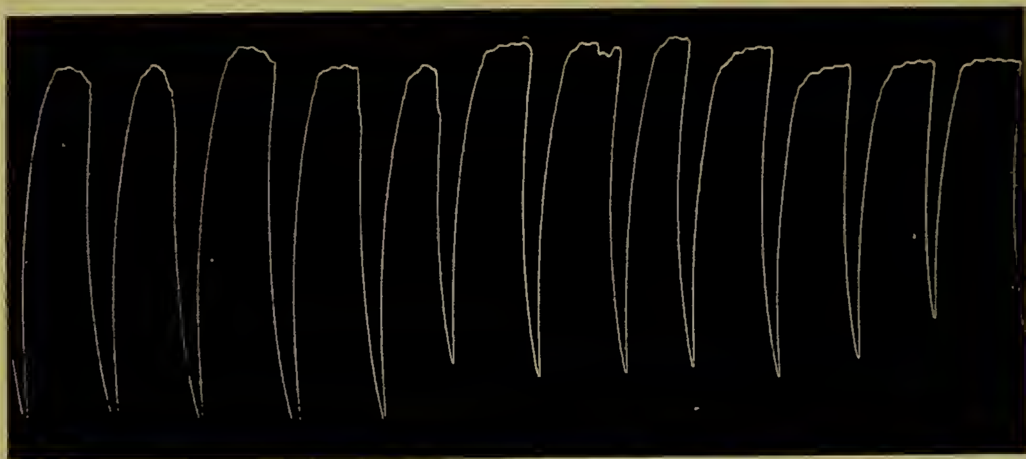


Fig. 15. — Soldato SOLFERINO.
Respirazione toracica scritta col pneumografo Marey (Capanna Regina Margherita).

osservato nella frequenza dell'uomo: meno della metà di quanto trovasi notato nei trattati per l'età sua. Svegliato mi disse che non dormiva. Mangiò con appetito e stava bene.

Quanto alla forma del respiro si vede in Sarteur, fig. 14, che la inspirazione dura più lungo tempo della espirazione. In Solferino, fig. 15, il fenomeno è inverso. Non mi fermo a discutere queste differenze, dirò solo che il tipo di Sarteur rassomiglia al respiro del sonno, questo di Solferino al tipo della veglia.

Due cose importanti risultarono da queste osservazioni grafiche. La prima che a grandi altezze gli organi del respiro tendono a fermarsi alla fine della espirazione. La seconda che il tipo del respiro anche nella veglia può lassù diventare simile a quello caratteristico del sonno. La durata della espirazione è più breve della inspirazione, mentre in basso durante la veglia succede l'inverso.

V.

Per misurare il volume dell'aria che respiriamo sulle Alpi portai con me due contatori fatti come quelli che si usano nelle case per misurare il gas luce che si consuma. Sono però molto più sensibili questi contatori che adoperiamo per ricerche fisiologiche e graduati più esattamente di quelli che servono per la

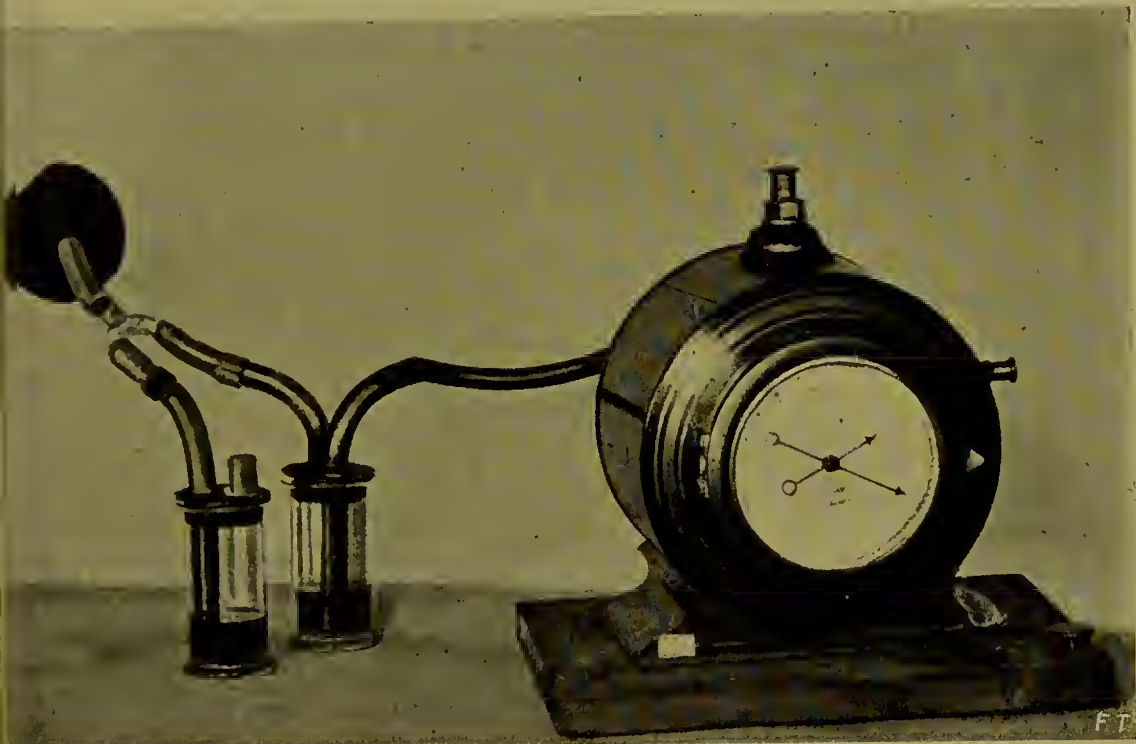


Fig. 16. — Contatore colle valvole e la maschera di guttaperca per misurare la quantità di aria inspirata.

illuminazione a gas, tanto che segnano la centesima parte di litro. Forse sono stato il primo a servirmi di un contatore per studiare la respirazione dell'uomo. Questa è cosa che non ha importanza, l'accenno solo per rammentare in che modo ho cominciato questi studi. Venti anni fa sono disceso a 6000 metri sotto il livello del mare. Mi spiego. Sono stato nell'aria compressa a due atmosfere. Fu a Milano che feci queste ricerche[1] sull'azione fisiologica

[1] A. Mosso, *Sull' azione fisiologica dell' aria compressa*. R. Accademia delle scienze di Torino, vol. XII, giugno 1877.

dell'aria compressa. Una macchina a vapore comprimeva l'aria in una camera di ferro. Gli apparecchi erano costrutti per uso clinico e non erano garantiti che per una pressione interna di 30 o 40 centimetri di mercurio.

Volendo sperimentare su me stesso la pressione di due atmosfere, dovetti puntellare bene i vetri delle finestre perchè non si rompessero. Così feci per parecchi giorni delle esperienze insieme all'inserviente del Laboratorio, Agostino Caudana. Per mezzo di chiavette che erano nella camera di ferro potevamo graduare lentamente la pressione, sino a che il manometro a mercurio segnasse 76 centimetri in più della pressione atmosferica. Potevamo così supporre di essere in un pozzo profondo 6000 metri, perchè tale sarebbe stata effettivamente la distanza sotto il livello del mare, se avessimo potuto scendere verso il centro della terra. Se mi menassero buoni questi 6000 metri passati non senza pericolo nell'aria compressa, e gli altri sul Monte Bianco e il Monte Rosa, potrei dire di aver provato 11 000 metri di pressione atmosferica.

Per raccogliere l'aria che entra ed esce dal naso, respirando a traverso il contatore mi servii di una maschera di guttaperca modellata sulla faccia, con un tubo in corrispondenza del naso. Dopo venti anni questa maschera di guttaperca mi sembra ancora il mezzo migliore per studiare il respiro. Ho provato vari congegni, che adoperano i fisiologi per raccogliere l'aria chiudendo il naso con una pinzetta, ma tutti producevano tale molestia in confronto della maschera di guttaperca che li dovetti abbandonare.

Nella spedizione al Monte Rosa portai con me sei di queste maschere di guttaperca. Ognuno aveva la sua e qualcuna serviva anche per due o tre persone le quali avevano la faccia poco diversa. Per mezzo di mastice da vetrai rammollito con olio o vaselina, ciascuna maschera chiudeva ermeticamente intorno alla radice del naso, alle guancie e sotto il mento.

Dalla maschera parte un tubo, il quale si biforca e manda i suoi rami a due valvole conosciute col nome di valvole di W. Müller e che si trovano descritte nei trattati. Queste valvole servono a far passare nel contatore tutta l'aria che si respira per misurarla esattamente. Altre figure che vengono in seguito faranno vedere come si applicava la maschera sulla faccia. Per fare queste esperienze ci coricavamo in terra colla testa leggermente sollevata da un cuscino di gomma.

Dalle esperienze che riferisco in fondo al volume si vede che la profondità dei movimenti respiratori non aumenta sul Monte Rosa, quando si fanno le osservazioni nello stato di riposo completo.

VI.

Le prime ricerche alpine sul respiro, furono da me fatte nel 1882 al Colle del Teodulo (3333 m.) dove portai un contatore come quello che descrissi ora. Giorgio Mondo, inserviente del Laboratorio fu la persona che studiai. Egli era allora un giovane di 26 anni forte e robusto. Ci fermammo il 1.° settembre a Chatillon (1566 m.) in valle d'Aosta, dove facemmo alcune misure dell'aria respirata per raffrontarle con quelle di Torino. “ Nel giorno successivo alle 9 antim. partimmo con due guide e due muli che portavano le casse degli strumenti. Siccome era nel mio programma di studiare gli effetti di una marcia improvvisa e lunga sulle Alpi, si camminò fino alla sera col sacco da alpinista sulle spalle: facemmo una buona fermata in Valtournanche ed all'Hôtel del Monte Cervino per mangiare. La sera verso le 5 arrivammo ai piedi del ghiacciaio di Valtournanche. Sorpresi da una nebbia densissima, la traversata del ghiacciaio riuscì abbastanza penosa. La sera alle 8.30 giungemmo così stanchi alla capanna del Teodulo, che non mi fu più possibile di fare alcuna esperienza. Un'ora dopo essere arrivati al colle del Teodulo, Mondo aveva la temperatura di 38,°7 ed io di 38°,3. La notte dormimmo poco e male. Fummo molestati tutti due da dolori intestinali ed avevamo molta sete. „

“ Nel pomeriggio del giorno successivo facciamo l'ascensione del Breithorn (4148 metri); fu una marcia assai faticosa per Mondo, il quale si trovava per la prima volta sui ghiacciai. La sera quando ritornammo al colle del Teodulo, G. Mondo era veramente spossato e alle ore 6 si mise a letto. Io ero stanchissimo, avevo perduto l'appetito e non mi sentivo bene. Al mattino del 3 settembre G. Mondo aveva la faccia gonfia e le palpebre così edematose che poteva appena aprire gli occhi. La risipola della pelle del volto, e più che tutto l'iperemia degli occhi manifestatasi in Giorgio, crebbero così rapidamente che nel pomeriggio ci decidemmo ad abbandonare il colle del Teodulo colla speranza di ritornarvi un'altra volta prendendo le precauzioni necessarie per fermarcisi più a lungo. „

Questa citazione della memoria che pubblicai nel 1884 intorno alla *respirazione dell' uomo sulle alte montagne* [1] serve per fare

[1] A. Mosso, Atti della R. Accademia medica di Torino. Volume pubblicato in omaggio di C. Sperino, 1884.

la critica delle mie prime osservazioni in base allo studio più completo del respiro ora compiuto sul Monte Rosa. Appare evidente che sul Teodulo esaminai una persona stanca che non si trovava in condizioni perfettamente fisiologiche.

La temperatura febbrile del suo corpo quando siamo arrivati alla Capanna e quando siamo discesi dal Breithorn basta per dimostrarlo. I risultati, dei quali do le cifre nella nota sottostante [1], devono quindi riferirsi ad una persona non completamente riposata.

VII.

" All'altezza di 3333 metri si respira una quantità d'aria assai minore che non a Torino e a Châtillon. Questo fatto è interessante, perchè dimostra che nell'uomo esiste una respirazione che ho chiamato *di lusso*. Alla pressione ordinaria di 740 mm. come abbiamo a Torino, e meglio ancora al livello del mare, si respira una quantità d'aria che è molto superiore ai bisogni del nostro corpo. Nelle regioni che hanno un'altezza maggiore di 3000 metri, sebbene sia molto minore il peso dell'aria che respiriamo, l'organismo quasi non se ne risente, e vi rimedia con un leggero aumento nella frequenza dei movimenti inspiratori. „

Tale fu la conclusione che trassi dai miei studi fatti sul Teodulo nel 1882.

Che si introduca un peso minore di aria nei polmoni all'altezza di 3333 metri, appare evidente nella colonna C della tabella

1

LUOGO DELLE OSSERVAZIONI	A Frequenza media delle inspirazioni per ogni minuto primo	B Numero dei litri d'aria respirati in mezz'ora	C Litri d'aria respirati in mezz'ora ridotti alla pressione 1 m. e alla temperatura 0°
Torino, 24 agosto 1882	11,6	191,88	129, 48
Id. 25 agosto	10,9	172,26	119, 47
Châtillon	11,5	167,28	111, 07
Colle del Teodulo 2 settembre . . .	14,5	199,26	98,150
Id. id. id. . . .	13,7	189,42	93,109
Id. Discesa dal Breithorn	18,0	239,78	118,110
Colle del Teodulo, 3 settembre . . .	14,2	199,26	98,150
Torino, 6 settembre	15,3	134,00	85, 75
Id. 8 settembre	11,2	171,02	119, 26
Id. 8 settembre	11,6	169,12	117, 78

che riferisco; e questo successe malgrado la fatica persistente e la temperatura più elevata del corpo. Ma che l'aumento della frequenza del respiro fosse dovuto alla rarefazione dell'aria non posso più affermare, e credo si debba ammettere che fosse un effetto della fatica non ancora completamente dileguata.

Per indicare che noi qui in basso respiriamo più di quanto sia necessario, dissi che l'uomo ha una *respirazione di lusso*[1]. Certo ripugna pensare che sia un lusso, il respiro. Ma non seppi esprimere meglio il fatto dell'esservi una respirazione superflua. Con ciò voglio dire che il numero e l'ampiezza dei movimenti respiratori non è in stretto rapporto coi bisogni chimici del nostro corpo.

Il Loewy[2] nel suo libro recente intorno alla respirazione e la circolazione nei mutamenti della pressione e del contenuto di ossigeno dell'aria disse: " I limiti della rarefazione dell'aria, dentro i quali possiamo parlare di una respirazione di lusso sono rappresentati da una pressione di circa 300 mm. di mercurio (da 760 mm. fino a 450 mm.)„ ciò che corrisponde all'altezza di 4000 metri.

Non solo per mezzo delle ascensioni, ma in parecchi altri modi, provai che vi è una certa indipendenza tra il giuoco di soffietto dei polmoni che rappresenta la parte meccanica del respiro, e i bisogni chimici dell'organismo. Era necessario che fosse così, perchè se l'uomo e gli animali respirassero strettamente la quantità di aria che loro occorre, ne verrebbe che per ogni salita, anche su di una collina, dovrebbe crescere il numero delle respirazioni, od aumentare la loro profondità.

Giacchè di ogni fenomeno naturale si cerca sempre la ragione e lo scopo, si può dire che la respirazione di lusso produce una economia delle funzioni, perchè rende meno complessi i poteri regolatori del nostro organismo. Se fosse altrimenti ad ogni variazione del barometro, e ve ne sono spesso delle fortissime, tutti gli uomini e gli animali dovrebbero cambiare subito la frequenza e la profondità del respiro per rimediare al mutamento dell'aria.

[1] A. Mosso, *La respiration périodique et la respiration superflue ou de luxe.* Archives italiennes de Biologie, Tome 7, p. 48.

[2] Dott. A. Loewy, *Untersuchungen über die Respiration und Circulation bei Aenderung des Druckes und des Sauerstoff-Gehaltes der Luft.* Berlin, 1895.

VIII.

Tyndall racconta che quando salì la prima volta sul Monte Bianco era così spossato che giunto vicino alla vetta si coricò sopra la neve e si addormentò immediatamente. Egli era in compagnia del signor Hirst; Huxley aveva dovuto fermarsi ai Grands-Mulets. Il signor Hirst lo svegliò subito dicendogli: " mi avete fatto paura perchè vi ascoltai qualche minuto, e non vi sentii respirare neppure una volta. „ [1]

Questo è il primo accenno che ho trovato nella letteratura alpina, riguardo alla forte diminuzione del respiro da me osservata sul Monte Rosa.

Un altro accenno lo trovai nello scritto intorno al male di montagna del dottor Egli-Sinclair.

" Le 17 août, c'est-à-dire le troisième jour (dans la Cabane de M. Vallot à 4400 mètres) je note encore la durée du manque d'appétit, et la fréquence de la respiration. En ce qui concerne la respiration je fais expressément l'observation qu'elle avait le caractère de Stoke, c'est-à-dire que pendant un certain temps la respiration semblait régulière, puis venaient quelques fréquentes et profondes respirations, suivies pendant quelques secondes de la totale suspension. „

L'Hôtel del Riffelberg (2560 metri) è la stazione più bassa, nella quale mi sia accorto di un mutamento nel mio respiro.

Arrivato colla ferrovia a Zermatt dal Lago di Ginevra, feci a piedi la salita del Riffelalp. La notte non dormii bene come al solito, al mattino feci di buon'ora una escursione fino alla capanna Bétemps, attraversando il ghiacciaio del Görner. Ritornato all'albergo mi coricai verso le 2.30 per riposarmi. Indugiando nell'addormentarmi parecchie volte mi accorsi che svegliandomi avevo la respirazione più forte del solito, e che poi succedevano dei periodi nei quali il respiro diventava tanto superficiale che quasi sembrava si fosse arrestato.

Durante il soggiorno che feci ripetutamente all'albergo dell'Olen (2865 metri) vidi che il respiro è meno regolare ed uniforme. Non sto qui ad enumerare le persone sulle quali osservai questo fenomeno e mi limito a dire che si tratta di cosa abbastanza comune da 2500 a 3000 metri di altezza.

[1] Tyndall, *The Glaciers of the Alps, 1860*, pag. 80.

Nel principio di agosto mentre eravamo alla Capanna Gnifetti (3620 metri) mio fratello ed io ci accorgemmo che la nostra respirazione era divenuta periodica non solo nel sonno ma anche nella veglia.

Riferisco una di queste osservazioni (fig. 17) fatta su me stesso. Il giorno 8 agosto eravamo soli nella piccola capanna che ci serviva di Laboratorio. Avevo chiuso la porta e vi appoggiavo le spalle contro seduto su di una seggiola. Mio fratello scriveva la mia respirazione sul cilindro, e la macchina girava continuamente. Questo era necessario perché io non sapessi in quale momento veniva scritto il tracciato. Non riferisco per brevità alcun tracciato del mio respiro nella pianura, basta che io affermi che esso è generalmente molto regolare in modo che tutti i movimenti respiratori formano colla loro base una linea orizzontale. Qui invece appare subito evidente che il torace non ritorna sempre alla medesima posizione di equilibrio alla fine della espirazione[1]. Si formano come delle onde che accennano ai periodi, quali vedremo divenire evidentissimi in altre persone.

Nel giorno successivo torno a ripetere questa osservazione. Da quattro giorni non mi ero mosso dalla Capanna Gnifetti e mi trovavo quindi in stato di completo riposo. La figura 18 mostra in *a* dei periodi più evidenti nei quali l'attività del respiro è inferiore al normale.

Guardando il tracciato a sinistra



Fig. 17. — Angelo Mosso.
Respirazione toracica. Prima comparsa dei periodi nella respirazione durante la veglia (Capanna Gnifetti 3620 m.).

[1] La linea discende nella inspirazione e sale nell'espirazione successiva.

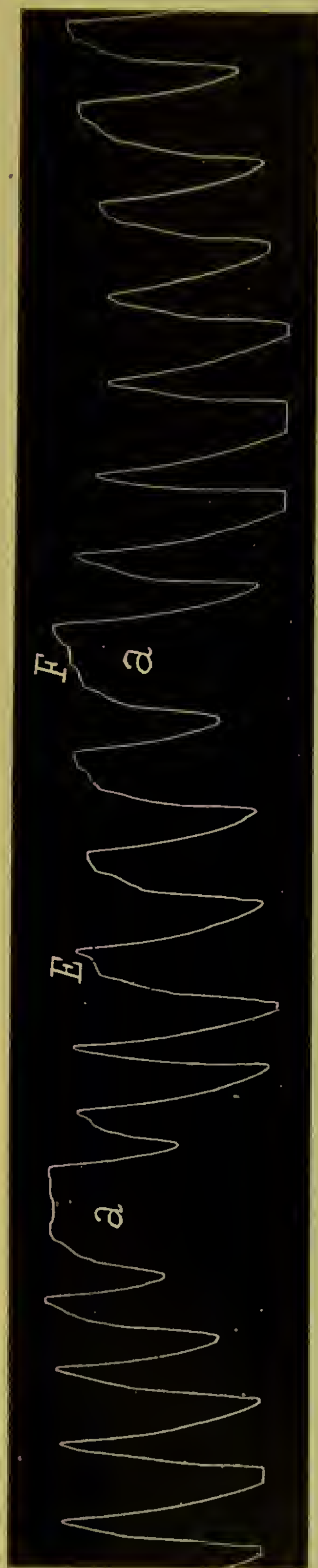


Fig. 18. — ANGELO MOSSO.
Respirazione toracica con periodi di attività respiratoria minore del normale in *a* (Capanna Gnifetti 3620 m.).

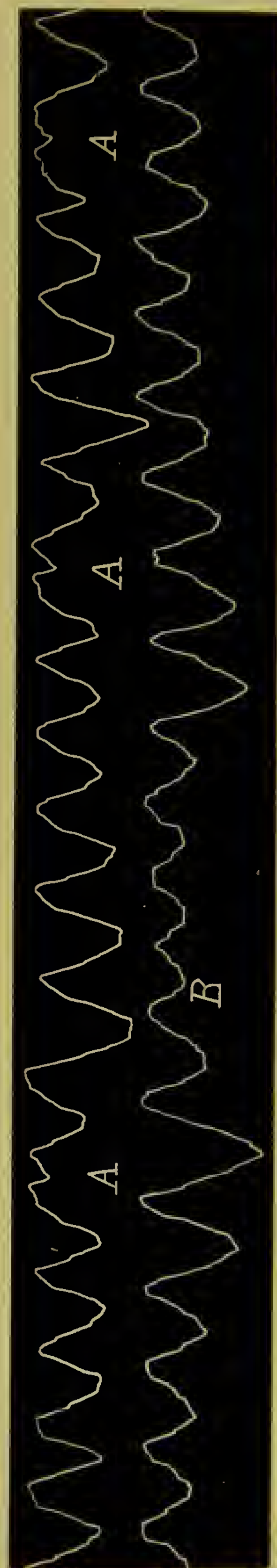


Fig. 19. — UGOLINO MOSSO.
Respirazione toracica con periodi, scritta durante il sonno nella Capanna Gnifetti 3620 metri.

dove comincia si vede che la terza respirazione è un po' meno profonda della precedente, la quarta e la quinta si fanno ancora meno profonde. In *a* il torace tende a fermarsi. Succede una piccola pausa come se mancasse un respiro, e poi comincia una ispirazione debole alla quale succede un'altra più forte. Nella parte superiore della curva si può vedere come nasce la pausa successiva. In E compare un leggero arresto alla fine della espirazione: e questo si prolunga nelle espirazioni successive sino a che in F producesi un leggero riposo. Poi incomincia un altro periodo di maggiore attività respiratoria. Anche in me come si è già veduto nei soldati Sarteur e Solferino, tende a prodursi una pausa del respiro che non osservasi mai nella pianura.

Durante il soggiorno alla Capànna Gnifetti, ho trovato in due altre persone dei periodi evidentissimi del respiro. Una di queste è mio fratello. Riferisco nella figura 19 uno dei tracciati presi sopra di lui nel sonno. Perchè il rumore che fa girando l'orologio che mette in rotazione il cilindro non disturbasse, avevo fatto come dissi poco prima un buco nel trammezzo di legno che separa la cucina dall'altra stanza. Io stavo nella prima mentre mio fratello dormiva nell'altra.

I movimenti respiratori sono meno ampi dei miei, perchè mio fratello dormiva da più di un'ora quando presi questo tracciato, ed egli ha del resto il respiro più superficiale. Nella linea superiore si vede la tendenza che ha il respiro a fermarsi; tre volte di seguito nei punti segnati A vediamo un movimento inspiratorio abortito. Nella linea inferiore scritta immediatamente dopo, compare un periodo segnato B dove si fanno cinque respirazioni più superficiali delle altre.

Quattro erano i metodi che poteva impiegare la natura per diminuire l'intensità dei movimenti respiratori. 1.° Rallentare la frequenza delle respirazioni. 2.° Diminuire la loro profondità. 3.° Staccare una respirazione dall'altra con una pausa. 4.° Affievolire solo una serie di respirazioni con dei periodi di minore attività. Questi metodi li abbiamo veduti verificarsi tutti e quattro nei tracciati che ho riprodotti. Qualche volta comparvero tutti insieme nella medesima persona. Si può dunque affermare che la respirazione tende a diminuire sulle Alpi, e non a crescere, come si era creduto fin qui.



Fig. 20. — Ugolino Mosso.
Respirazione periodica nel sonno alla Capanna Regina Margherita. I periodi di arresto del respiro durano 12 secondi.

IX.

Alla Capanna Regina Margherita i periodi di arresto della respirazione presero una intensità inaspettata e quasi morbosa.

La figura 20[1] rappresenta la respirazione periodica di mio fratello alla Capanna Regina Margherita. Il respiro ha continuato qualche volta per delle ore con questo ritmo, dove si facevano tre movimenti digradanti, del quale il primo era forte e gli altri due o tre più deboli e poi succedeva un riposo il quale durava regolarmente 12 secondi prima che cominciasse un'altra serie di tre respirazioni digradanti. Quando il torace si ferma e la linea diviene orizzontale, si vedono bene in essa le pulsazioni del cuore in numero di 14 o 16.

Un medico vedendo questi tracciati del respiro direbbe che sono di un' agonizzante. Infatti questa respirazione osservasi spesso prima della morte. Furono due medici inglesi Cheyne e Stokes che descrissero questa respirazione intermittente, come un segno caratteristico di parecchie malattie e per ciò tale forma di respirazione porta il nome di Cheyne e Stokes.

La respirazione che si interrompe con delle lunghe pause non è una forma nuova di respiro, ma è la esagerazione di un fenomeno

[1] Tutti i tracciati di questo capitolo da 28 centimetri furono ridotti a 18 centimetri.

fisiologico, perchè in tutti il respiro tende a prendere una forma periodica quando diminuisce la eccitabilità dei centri nervosi. Basta somministrare del cloralio o della morfina ad una persona che abbia disposizione alla respirazione periodica, e subito la si produce.

Però non può dirsi che sul Monte Rosa il sonno fosse più duro che in basso. Anzi a me parve più leggero.

Che vi sia una leggera paralisi dei centri nervosi, lo prova pure il fatto che durante la pausa del respiro il cuore diviene insensibile all'azione dell'acido carbonico. Guardando le pulsazioni del cuore nei periodi di riposo del torace si vede che le pulsazioni sono tutte eguali, mentre invece un arresto così lungo del respiro dovrebbe rallentare alquanto le ultime pulsazioni.

L'esistenza di una paralisi dei nervi del cuore la si vedrà meglio in seguito. Siccome il male di montagna dipende in massima parte dalla debolezza del cuore, ho voluto mostrare al lettore dove ci conducono questi studi.

Una questione molto dibattuta e non ancora risoluta è di sapere se i movimenti respiratori sono prodotti dall' accumularsi dell' acido carbonico nel sangue o dalla diminuzione dell' ossigeno. Rosenthal è il più strenuo difensore di quest' ultima ipotesi, secondo la quale il centro nervoso della respirazione viene automaticamente eccitato dalla diminuzione dell' ossigeno nel sangue.

Le osservazioni fatte nella Capanna Regina Margherita mostrano quanto siano complessi i fenomeni della respirazione. Se non si ammette una diminuzione nella eccitabilità dei centri nervosi, non si spiegherebbe il fatto inatteso che i movimenti del respiro siano meno frequenti e meno profondi nell'aria rarefatta, a 4560 m., dove la razione di ossigeno è minore.

Si tratta qui di un fenomeno evidentissimo che osservai in quasi tutti, anche nelle persone più robuste che stettero con me sul Monte Rosa. Il dottor Gurgo invitato da me a fare delle osservazioni, mentre accompagnava una compagnia numerosa di studenti alla Capanna Regina Margherita, mi disse che la notte avevano quasi tutti la respirazione periodica.

Il centro nervoso il quale regola il respiro, sembra che non si abitui facilmente all'aria rarefatta. Dopo venti giorni che eravamo sui fianchi del Monte Rosa, ad altezze superiori ai 3000 metri persisteva la respirazione periodica in tutti egualmente forte, come il primo giorno che siamo arrivati su quella cima.

Per dimostrare che tale fenomeno non sta in alcun rapporto col male di montagna, riferisco un tracciato (fig. 21) preso sul

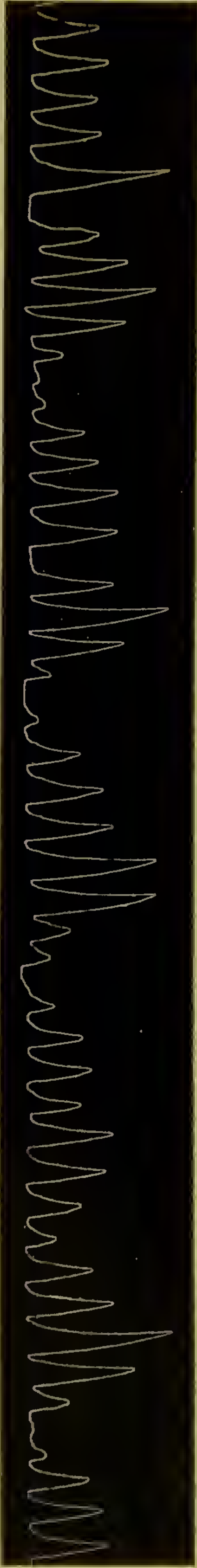


Fig. 21. — Francioli, custode della Capanna Regina Margherita. — Respirazione periodica scritta durante il sonno leggero a 4560 metri.

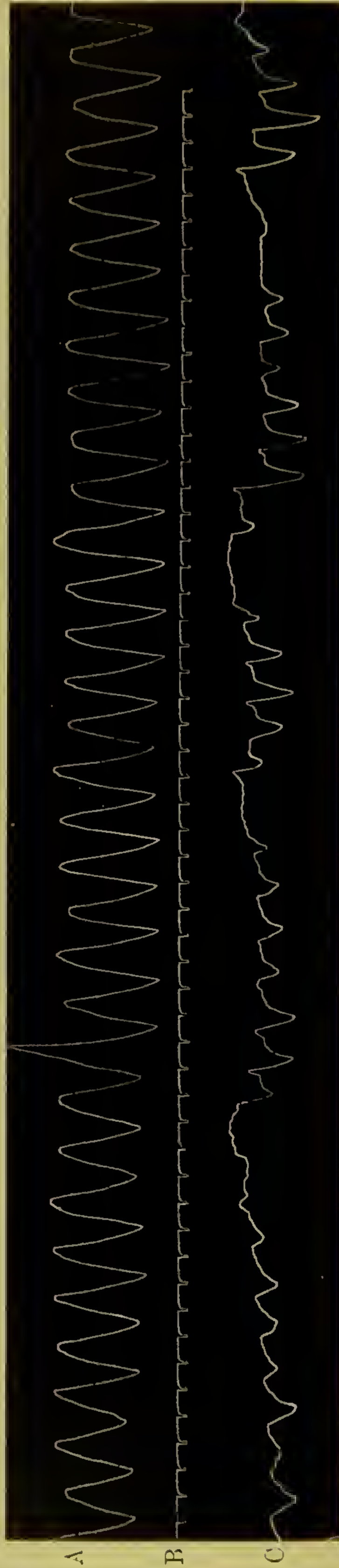


Fig. 22. — Soldato Chamois. — Respirazione toracica.
A Tracciato scritto a Torino. — *B* Linea che segna il tempo in minuti secondi. — *C* Respirazione periodica scritta nella Capanna Regina Margherita.

custode della Capanna, un uomo robustissimo per nome Francioli che da due anni aveva passato ogni estate due o tre mesi nella Capanna Regina Margherita.

Stabilito che i periodi sono un fenomeno caratteristico della respirazione sulle Alpi, non viene neppure il dubbio che ciò sia dovuto alla deficiente energia dei muscoli respiratori. Parecchi di noi che avevamo la respirazione periodica stavamo bene ed eravamo affatto riposati; anche la forza dei muscoli inspiratori era normale, come vedremo in seguito nelle ricerche eseguite collo spirometro.

X.

Il risultato più importante di queste osservazioni è che nell'uomo sano a 4560 metri di altezza vi siano generalmente delle pause nella respirazione. Che nel sonno la respirazione divenga periodica non era cosa che mi maravigliasse, perchè anzi ero stato io il primo a mostrare fino dal 1884 che il tipo fondamentale della nostra respirazione è costituito da periodi nei quali il respiro è più attivo, ed altri nei quali lo è meno. Ma io non avrei mai supposto che sollevandosi in alto diventassero più evidenti le pause del respiro a misura che diminuisce la razione dell'ossigeno.

L'aver osservato che a grandi altezze il centro della respirazione funziona meno bene e che sono paralizzati i nervi moderatori del cuore, ci mette in grado di conoscere la natura del male di montagna. Perciò mi credo in obbligo di riferire ancora altre osservazioni le quali mostrino che sul Monte Rosa vi è realmente una depressione nell'attività di quella parte del sistema nervoso che è la più fondamentale per la vita.

La figura 22 è un tracciato scritto col pneumografo di Marey messo intorno al torace del soldato Chamois.

La linea superiore A fu scritta a Torino il 10 luglio. La linea di mezzo coi denti segna il tempo in minuti secondi. La linea della respirazione periodica fu scritta a 4560 metri, il giorno dopo che arrivò direttamente da Ivrea senza essersi fermato prima nelle varie stazioni intermedie per acclimatarsi.

Mentre si scrisse l'ultima linea C del tracciato, socchiudeva di quando in quando gli occhi, senza però mai dormire completamente.

Qui appare evidente quanto può diminuire l'intensità del re-

spiro sul Monte Rosa. Ma per aver un'idea delle condizioni nostre a quell'altezza dobbiamo ricordarci che una depressione simile esisteva nella funzione del cuore, perchè il polso era debole e filiforme. Il centro del cuore e l'altro che innerva i vasi sanguigni essendo i più prossimi al centro nervoso del respiro, erano divenuti anch'essi meno eccitabili.

XI.

I cani soffrono il male di montagna cogli stessi sintomi dell'uomo. Hanno nausea, sonnolenza, vomito, affanno del respiro, debolezza dei muscoli, incapacità a reggersi sulle gambe e sonno. Perciò ho condotto con me un cane sul Monte Rosa. Realmente ne avevo due, ma per le molestie che ci davano negli accampamenti e sotto la tenda del Laboratorio dovetti rimandarne uno a Gressoney.

Erano due fratelli, perfettamente eguali nell' aspetto, che presentavano differenze marcatissime nel modo col quale resistevano all'azione dell'aria.

Li avevamo messi molte volte insieme sotto una campana pneumatica, e sempre l'uno dormiva ed aveva i sintomi del male di montagna ad una pressione notevolmente inferiore che l'altro. Naturalmente condussi con me il più sensibile. Si chiamava Nerino, e mostrò tale disposizione per la montagna che dopo lo lasciammo all' Albergo del signor Thedy in Gressoney. Era un cane volpino della razza più comune, che certo non aveva visto mai le montagne, perchè era nato e cresciuto nel Laboratorio.

Dovendo condurlo in mezzo ai ghiacciai, avevo cercato prima di affezionarmelo e c'ero riuscito. Al primo accampamento presso l'Alpe Indra (2515 metri) mi abbandonò perchè fece la conoscenza del soldato Marta, il quale era il cuoco della nostra carovana. Quando fummo alla Capanna Gnifetti (3620 metri), capitò che il nostro cuoco un giorno dovette assentarsi per andare all'accampamento della Capanna Linty, dove c'erano le provvigioni. Prevedendo che il cane avrebbe voluto seguirlo, lo chiudemmo nella piccola capanna che serviva di Laboratorio.

Dopo due ore gli aprimmo: egli cercò intorno, annusò da per tutto, cominciò a mugolare e piangere, poi partì difilato. Scese sul ghiacciaio, girò qualche poco correndo qua e là e scomparve. Dopo tre ore era già vicino al soldato Marta. Vedemmo più tardi dalle traccie che lasciò sulla neve che passò per una strada di-

versa dalla comune, attraversando i ruscelli del ghiacciajo e superando dei passi difficili. Il giorno dopo tornò su tutto allegro e festante malgrado alcune piccole ferite che aveva nelle gambe.

Nella Capanna Regina Margherita aveva esso pure la respirazione periodica, come si vede nel tracciato 23, preso il 17 agosto alle ore 8.30. Il cane faceva 26 a 28 respirazioni per minuto, ed il cuore batteva da 120 a 126 volte.



Fig. 23. — Il cane Nerino.
Respirazione periodica nella Capanna Regina Margherita.

Fu questa la prima volta che mi capitò di osservare la respirazione periodica in un cane sveglio: mentre essa si osserva spesso nei cani avvelenati coi narcotici.

Il nostro cane di quando in quando, come si vede nella fig. 23 in A B, faceva delle inspirazioni molto profonde. Questo capita spesso negli animali e nell'uomo, se la respirazione si fa insufficiente. Questi sospiri, la respirazione periodica ed una leggera diminuzione nell'allegria, sono i soli fenomeni dai quali ci accorgemmo che anche i cani subiscono l'azione dell'aria rarefatta a 4560 metri.

Malgrado i sospiri frequenti che faceva il cane Nerino, non si può dire che questi fossero prodotti da mancanza di ossigeno. Quando in causa del cattivo tempo non potevamo aprire le finestre, il termometro nella stanza dove era la cucina, saliva a 25° e anche a 27°. In queste circostanze vidi che il cane restando accovacciato vicino alla stufa, aveva la respirazione affrettata, caratteristica dei cani quando soffrono il caldo, i quali respirano anche dieci volte più in fretta del solito.

Ch. Richet[1] dimostrò la differenza profonda che passa tra questa forma di respiro che egli chiamò polipnea e l'asfissia. L'animale

[1] Ch. Richet. *Une nouvelle fonction du bulbe rachidien. Régulation de la température par la respiration*. Travaux du Laboratoire, tome I, pag. 430.

si raffredda respirando rapidamente, ma perchè funzioni questo congegno automatico dell'organismo, il quale produce un'evaporazione più abbondante di acqua nei polmoni, bisogna che il sangue non contenga un eccesso di acido carbonico: bisogna che la quantità di ossigeno nel sangue sia in quantità sufficiente perchè il cane non abbia bisogno di respirare. Senza queste due condizioni non può stabilirsi il ritmo precipitoso della respirazione, che tutti osserviamo nei cani d'estate quando hanno caldo. L'aver stabilito che nell'aria rarefatta a 4560 m. esiste la polipnea nel cane, è una prova che realmente a quell'altezza non fa difetto l'ossigeno.

Capitolo Quarto.

La circolazione del sangue nell'aria rarefatta.

I.

Al principio del secolo scorso un giovane (che fu poi il grande Haller), ritornato a Berna sua patria, dopo aver compiuto gli studi di medicina in Germania, chiese un posto di medico all' ospedale. Non lo ebbe perchè dissero che era troppo erudito. Allora chiese un posto come insegnante di storia nel Liceo di Berna. Non lo ebbe perchè era medico. Disperato si mise a scrivere delle poesie, e pubblicò nel 1729 un poemetto sulle Alpi. Sono strofe che adesso paiono un po' arcadiche, ma che destarono allora in tutti un'ammirazione profonda, ed ebbero un' azione decisiva sulla letteratura tedesca.

Nel suo grande trattato di fisiologia [1], dove compendiò quanto sapevasi intorno a questa scienza fino alla metà del secolo scorso, Haller parla ripetutamente della influenza dell'aria rarefatta.

" Anche se l' aria è diminuita a metà del suo peso respirasi senza difficoltà, come io provai al monte *Jugo et Furca* ed altri nel Caucaso. „ Non so bene a che altezza sia giunto Haller, ma certo non è stato a metà atmosfera che sarebbe come 5520 metri.

In un altro volume della sua opera [2], parlando della pressione che l'aria esercita nel nostro corpo, dice che questa è uguale a quella

[1] Alb. Haller, *Elementa physiologiae*, Tomus III, p. 193.

[2] *Ibidem*, Tomus II, p. 159.

che proveremmo se stessimo a dieci metri sott'acqua. Quando su una parte qualunque del corpo diminuisce la pressione, subito vi accorre più copioso il sangue, e la fa gonfiare ed arrossare.

" L'aria rarefatta non dilata egualmente bene il polmone, dice Haller. Quando è diminuita la pressione su tutti i vasi del corpo, questi resistono meno al cuore, e facilmente si rompono " [1].

Questi due concetti che l'aria rarefatta non dilata abbastanza i polmoni, e che le emorragie osservate nelle ascensioni e nei palloni aereostatici dipendono dalla pressione diminuita alla superficie del corpo, durarono fino ad oggi.

Una imagine degli effetti che produce la pressione diminuita, se la facevano gli antichi guardando il rossore che si produce in una parte qualunque del corpo, succhiandovi sopra colle labbra. La cosa è però assai diversa sulle montagne, dove la depressione avvolge tutto il corpo e penetra internamente per la via dei polmoni. In questo caso tutte le parti si fanno equilibrio, e le depressioni si compensano. Quando la depressione barometrica su di una parte del corpo non è controbilanciata, si produce subito una dilatazione grave dei vasi sanguigni. Ciò vediamo nelle ventose; quantunque la pressione negativa sotto la quale esse funzionano sia poco diversa dalla diminuita pressione barometrica sulle Alpi, disturbano profondamente la circolazione del sangue e della linfa.

Queste distinzioni può fare ognuno che guardi il colore della pelle, mentre va in alto, e vedrà che i vasi sanguigni sulle alte montagne, il maggior numero delle volte, sono più pallidi che in basso. Basta dire questo perchè nessuno più dubiti che tale dottrina sia falsa.

II.

Chauveau, nel 1866, e Lortet, nel 1869, scrissero i primi tracciati del polso collo sfigmografo sulla vetta del Monte Bianco. Lortet disse che tali tracciati rassomigliano al polso della febbre tifoidea e di alcune febbri continue.

Vediamo prima il fenomeno e cerchiamo di conoscere da che cosa dipenda tale modificazione del polso. Nell' ascensione dell' inverno 1885 al Monte Rosa avevo portato con me lo sfigmo-

[1] Alb. Haller, Tomus III, pag. 196.

grafo di Marey, che non sto a descrivere essendo uno degli strumenti grafici che i medici adoperano spesso. Applicato lo strumento dove batte il polso vicino alla mano, ogni dilatazione dell'arteria alza una leva leggerissima che scrive. Una striscia di carta passando sotto il tocco della penna raccoglie la traccia del polso.

La figura 24 mostra il tracciato del mio polso ad Alagna. Ad



Fig. 24. — A. Mosso. — Tracciato del polso scritto ad Alagna.

ogni battito del cuore l'arteria si dilata e la penna si alza. Passa un'onda sanguigna che va ad infrangersi nelle ramificazioni arteriose della mano e delle dita, e l'arteria radiale mostra delle oscillazioni dovute alla sua elasticità. Quando fui sulla vetta della piramide Vincent, a 4215 m., scrissi nuovamente il polso ed ebbi il tracciato 25.

Si vede subito che le pulsazioni sono più vicine. Ad Alagna il polso batteva solo 62 volte al minuto, qui invece battè 115 volte. La contrazione del cuore è più forte e sento un po' di palpitazione per la fatica del salire.

Il termometro nell'aria segnava dieci gradi sotto lo zero, ma

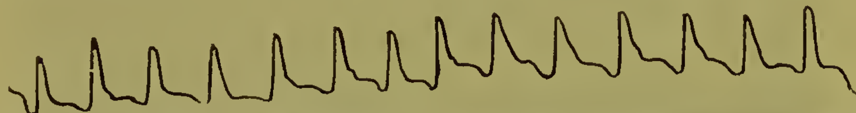


Fig. 25. — A. Mosso. — Tracciato del polso scritto nell'ascensione invernale sulla piramide Vincent (4215 m.).

i vasi sanguigni erano dilatati, e per la stanchezza era diminuita la loro contrattilità. Questa forma del polso è simile a quella che si produce artificialmente in un braccio riscaldandolo. Quando le arterie diventano più cedevoli il polso prende questa forma caratteristica della febbre. L'arteria si dilata più presto e più rapidamente si risvota. Il cuore affaticato e i vasi sanguigni più cedevoli producono questa variazione.

III.

Non mi contentai delle osservazioni fatte collo sfigmografo del Marey. Per seguire più a lungo i mutamenti della circola-



Fig. 26. — Sfigmografo ad acqua.

zione, portai con me due altri strumenti. Già nel tracciato 25 del mio polso si vede che le pulsazioni si vanno alzando verso la fine. È un fenomeno che appare spesso nei tracciati che si prendono a grandi altezze. Un' imagine più compiuta dei movimenti che succedono nei vasi sanguigni, io ebbi servendomi del mio sfigmografo ad acqua, col quale non si scrive più il polso di un'arteria, ma il polso di tutto l'antibraccio. Introduco dentro ad un cilindro di vetro l'antibraccio di una persona, come è rappresentato nella figura 26, e lo chiudo presso al gomito con un manicotto di gomma

elastica[1]. Sospendo l'apparecchio alla vòlta della stanza per lasciare liberi i movimenti e poi riempio il cilindro con acqua tiepida fino alla base dell'imboccatura anteriore. Ad ogni contrazione del cuore penetra un'ondata di sangue nell'antibraccio: si produce un aumento di volume il quale solleva il livello dell'acqua nell'imboccatura. L'aria contenutavi viene leggermente compressa, e sfuggendo dentro il tubo di gomma elastica, trasmette il movimento ad una leva che scrive le pulsazioni.

Oltre ai battiti del polso nella figura 27, sono registrati altri movimenti di contrazione e rilassamento che fanno i vasi sanguigni. Se il braccio impallidisce perchè le piccole arterie si contraggono, diminuisce l'antibraccio, e la penna si muove verso il basso pulsando. Qualora succeda una dilatazione dei vasi, la penna scrivendo più in alto segna esattamente quale sia l'aumento di volume dell'antibraccio. Le ondulazioni del tracciato 27 sono dunque l'imagine fedele dei movimenti che si producono nei vasi sanguigni. Vediamo ora in quali condizioni fu scritto questo diagramma del polso.

Il soldato Oberhoffer è un giovane robusto del quale conosco bene lo stato nella fatica e nel riposo, perchè negli studi preliminari fatti nel mese di giugno a Torino, eseguì una marcia di 60 chilometri con armi e bagaglio da Ivrea a Torino. Il giorno 10 agosto partiva da Ivrea ed arrivava a Gressoney S. Jean la sera. Il giorno dopo arrivò alla Capanna Gnifetti, e nel giorno 12 agosto giunse alla Capanna Regina Margherita, portando 12 chilogrammi del suo bagaglio sulle spalle. Durante la marcia sui ghiacciai stava bene, anche il respiro aveva buono. Gli andammo incontro fino alla base della punta Gnifetti e gli si prese lo zaino dalle spalle per alleggerirlo nell'ultimo tratto della salita che è faticosa. Alle 9.15 arrivò alla Capanna Regina Margherita, avendo la pelle di color livido alle mani, alle guancie ed alle labbra.

Polso 112. Respiro 32. Temperatura rettale 38°.

Dopo 15 minuti che era fermo divenne pallido. Temendo uno svenimento gli chiesi come stava, ed egli disse che si sentiva meno bene di prima, che era stremato di forze ed aveva un forte male di capo.

Il polso alla radiale era divenuto impercettibile. Dovetti contarlo al collo. Era 108. Respiro 32. Temperatura 37°,7.

Tale malessere durò più di un'ora: durante questo tempo egli stette coricato e bene coperto. Alle ore 9.45 Polso 100. Respiro 29.

[1] A. Mosso, *Sulle variazioni locali del polso*. R. Accademia delle scienze di Torino, XIII, 1877.

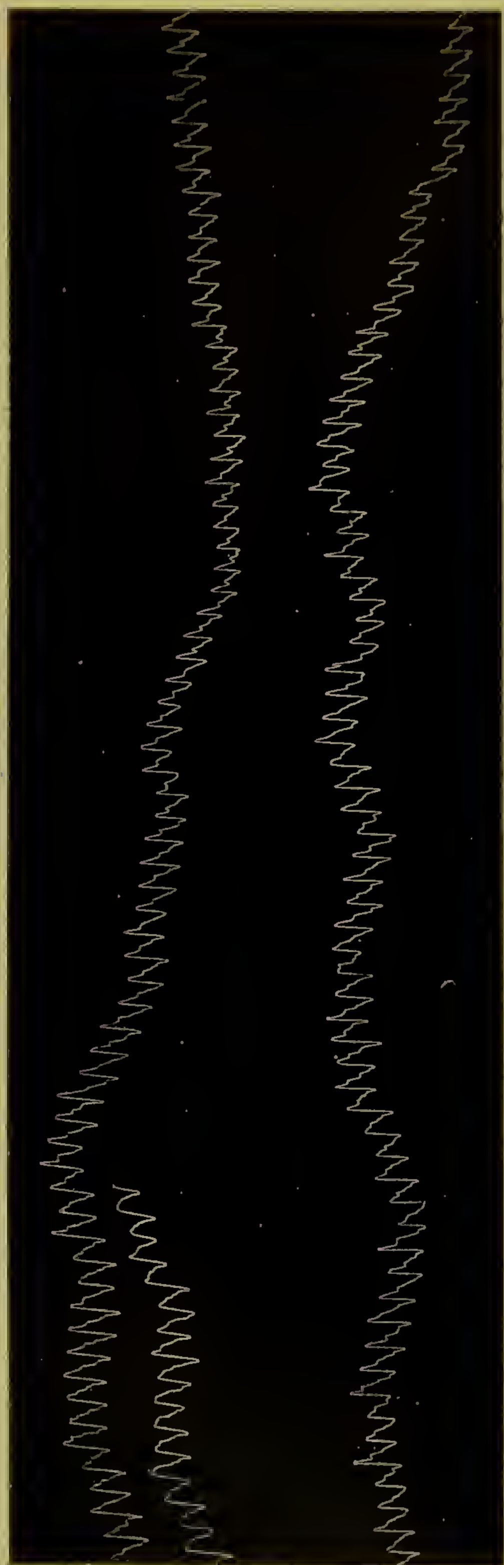


Fig. 27. — Soldato Oberhoffer. — Polso dell'antibraccio scritto nella capanna Regina Margherita (4,560 m.).

Temperatura 37°,6. Mi disse che stava poco bene. Poi si addormentò. Quando si svegliò dopo due ore la cianosi (ossia il color livido) era scomparsa, ma aveva delle occhiaie marcate, segno che la circolazione nelle vene non era ancora bene avviata; gli mancava l'appetito. Anche alla sera alle 5.45 il polso è sempre tanto debole che per contarlo bisogna mettere la mano al cuore o sul collo. Polso 100. Respiro 24. Gli dà molestia il male di capo, però si siede a tavola e mangia discretamente. Anche in questo soldato (come osservammo già in altre persone) le condizioni peggiorano quando egli si arresta dopo aver compiuto un grande sforzo.

Gli altri tre soldati che vennero su con lui, da Ivrea alla Capanna Margherita, presentarono gli stessi fenomeni.

Nel giorno successivo persiste il colore pavonazzo livido della pelle in tutti questi soldati, che erano giunti insieme da Ivrea. Il polso è filiforme. Il respiro frequente, tra i 26 ed i 28 movimenti al minuto. La temperatura leggermente superiore al normale 37°,8. Ascoltiamo il cuore e troviamo che i toni sono regolari.

Il giorno 13 agosto, 24 ore dopo che il soldato Oberhoffer era

giunto alla Capanna Regina Margherita scrivo il polso coll'idrosfigmografo; il polso era talmente debole e filiforme che collo sfigmografo di Marey era impossibile avere un tracciato. Invece coll'idrosfigmografo si ottengono le curve rappresentate nella figura 27. La cianosi della faccia e della mano mostrano che la circolazione è debole e languente: però i vasi sanguigni sono più irrequieti di quanto non avessi osservato a Torino. Il centro vasomotorio presenta delle modificazioni profonde, simili a quelle del centro respiratorio, perchè anche le respirazioni sono irregolari. I periodi di attività maggiore o minore del respiro non corrispondono

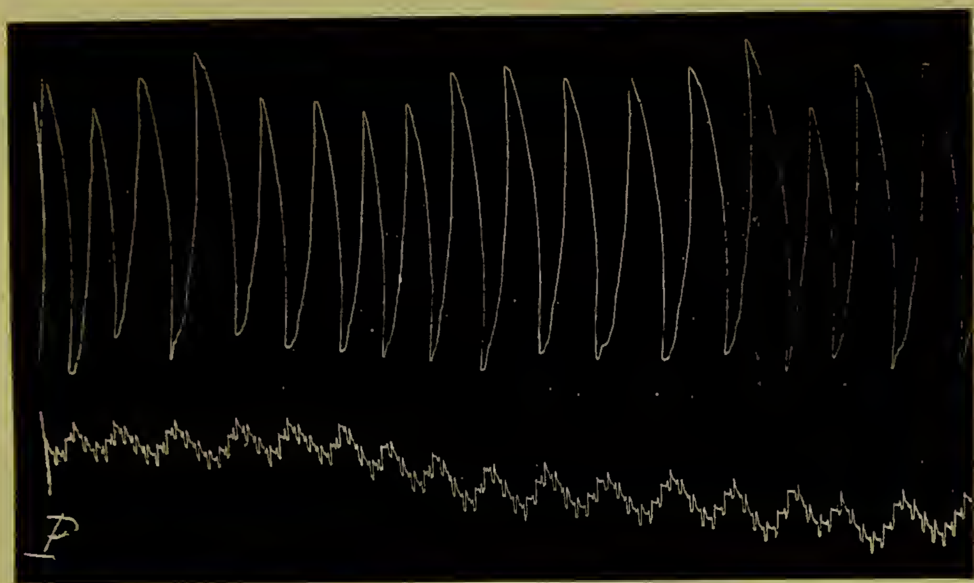


Fig. 28. — A. Mosso. — Polso dell'antibraccio scritto contemporaneamente al respiro nella Capanna Regina Margherita (4560 m.).

esattamente alla dilatazione e contrazione dei vasi sanguigni nell'antibraccio.

Il tracciato 28 fu scritto su di me nella Capanna Regina Margherita. Si vede in esso che ad ogni movimento del respiro cambia il volume dell'antibraccio. Nella inspirazione colla quale comincia il tracciato a sinistra, succede un abbassamento della penna, e nella linea sottostante che segna il volume ed il polso dell'antibraccio, si produce invece un aumento.

La linea inferiore a festoni che segna il polso dell'antibraccio colle oscillazioni respiratorie, forma una ondulazione abbassandosi simile a quelle del soldato Oberhoffer. I movimenti del respiro non cambiano per questo. La durata della inspirazione è

alquanto più breve della espirazione, ma il rapporto è tale quale si riscontra nella pianura.

Da queste e molte altre osservazioni simili che feci sul Monte Rosa, posso conchiudere con sicurezza che la diminuita pressione barometrica, in me e negli altri miei compagni, non ha modificato le condizioni fisiologiche dei vasi sanguigni per l'altezza di 4560 metri.

I fisiologi i quali ammisero che nell'aria rarefatta possa modificarsi lo stato dei vasi sanguigni, perchè diminuisce la compressione dell'atmosfera sulla pelle, diedero importanza al dicrotismo del polso ossia all'onda che producesi nella curva di ogni pulsazione e che vedesi molto spiccata nei tracciati 24 e 25 del mio polso scritto collo sfigmografo di Marey. Anche in questo tracciato di Oberhoffer, fig. 27, il dicrotismo è visibile quasi in ogni pulsazione, ma in altre persone, come nei soldati Jachini, Marta e Sarteur, il polso era affatto normale, in nessuna maniera distinguendosi le curve scritte nella Capanna Regina Margherita da quelle scritte a Torino. Questo prova che i vasi sanguigni non subiscono alcun mutamento nelle oscillazioni pulsatorie delle loro pareti, quando mancano 4000 metri di pressione atmosferica alla superficie del nostro corpo. La forma del polso non varia per tale differenza di pressione. Ma la fatica e le mutate condizioni chimiche dell'organismo rendono i vasi sanguigni più irrequieti, il cuore più debole e meno attiva la circolazione.

IV.

I movimenti dei vasi sanguigni, quali noi osservammo nel paragrafo precedente, rappresentano un fenomeno locale e quasi parziale della circolazione sanguigna; per farci un concetto della pressione generale del sangue adoperai lo *sfigmo-manometro*. La figura 29 fa vedere come è questo strumento.

Messo il dito medio e l'anulare di entrambe le mani negli astucci metallici, i quali sono rivestiti internamente da un dito di gomma elastica fatto come un guanto, si fissa la mano colla morsetta avvicinando le braccia al tronco. Chiuse a questo modo le dita entro i tubi metallici, per mezzo della vite di una piccola manovella che sta a destra, si fa una pressione sull'acqua contenuta nello stantuffo. Tutto l'apparecchio essendo stato prima riempito di acqua, la pressione esercitata collo stantuffo, preme pure alla superficie delle dita e dentro il manometro

a mercurio che misura tale pressione. Questo apparecchio, al quale diedi il nome di *sfigmo-manometro* scrive contemporanea-

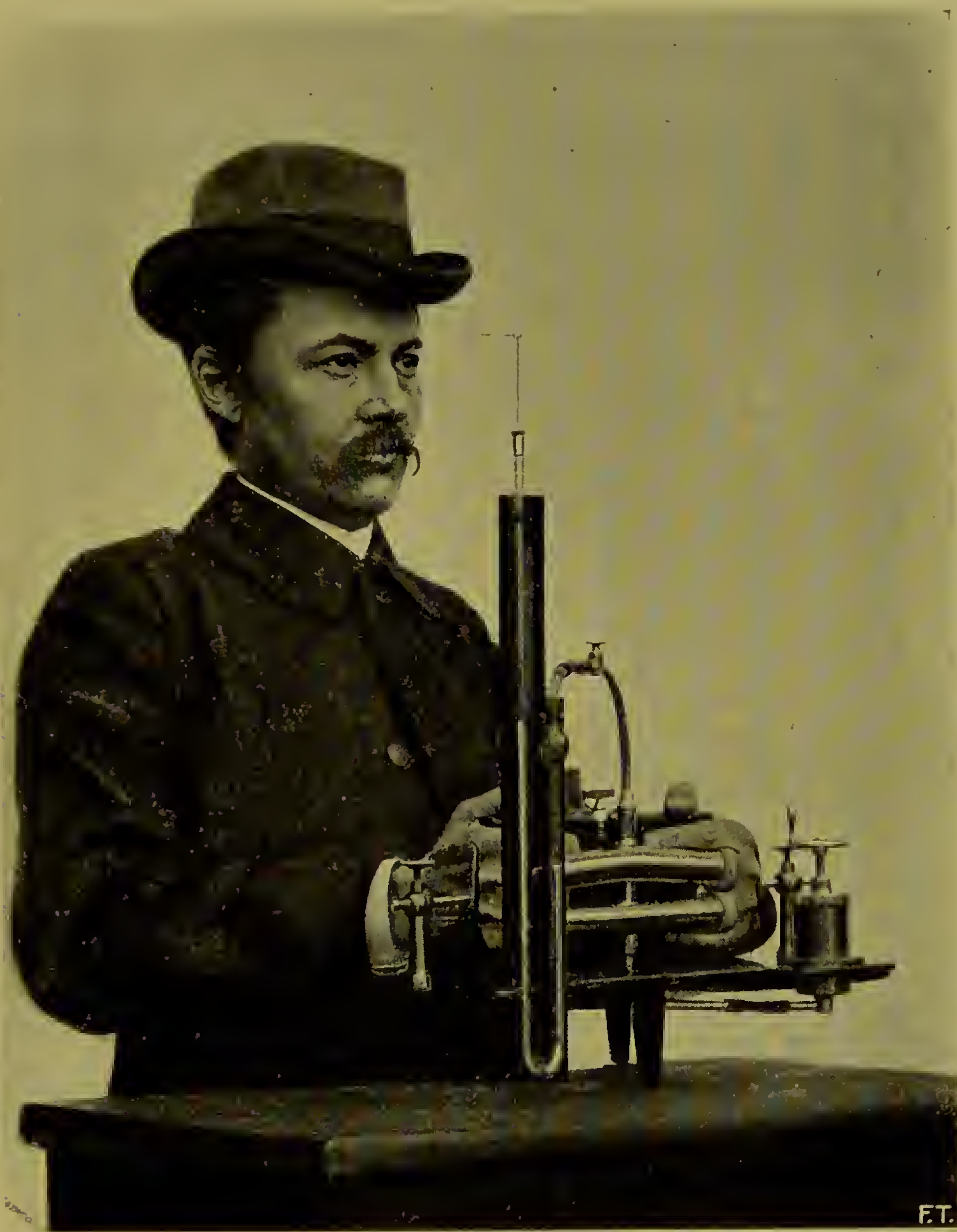


Fig. 29. — Sfigmo-manometro per misurare la pressione del sangue nell'uomo.

mente il polso e la pressione. Non posso arrestarmi nei particolari tecnici [1] e dirò solo che collo *sfigmo-manometro* misuro la

[1] A. Mosso, *Sphygmomanomètre pour mesurer la pression du sang chez l'homme.* Archives Italiennes de Biologie, XXIII, 177.

pressione del sangue nell'uomo e scrivo contemporaneamente il polso.

Il tracciato 30 mostra il mio polso mentre si misura la pressione del sangue, che oscilla fra 8 e 10 centimetri di mercurio. In me anche a 4560 metri sul Monte Rosa la pressione del sangue

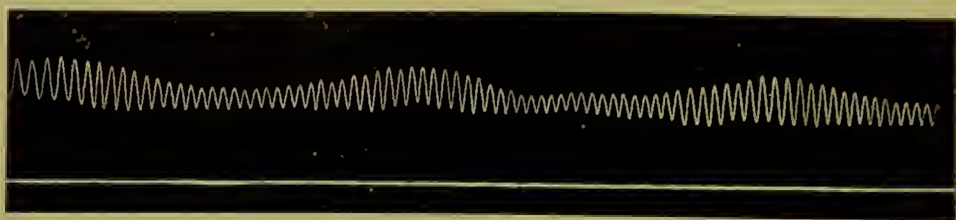


Fig. 30. — A. Mosso. — Tracciato della pressione sanguigna scritto nella Capanna Regina Margherita (4560 m.).

conserva il medesimo valore che a Torino. In questo tracciato si osservano tre ondulazioni simili a quelle che fino ad ora conoscevansi solo negli animali, applicando un manometro dentro l'arteria. L'essere normale la pressione del sangue nella Capanna Regina Margherita conferma quanto enunciai prima, cioè che la

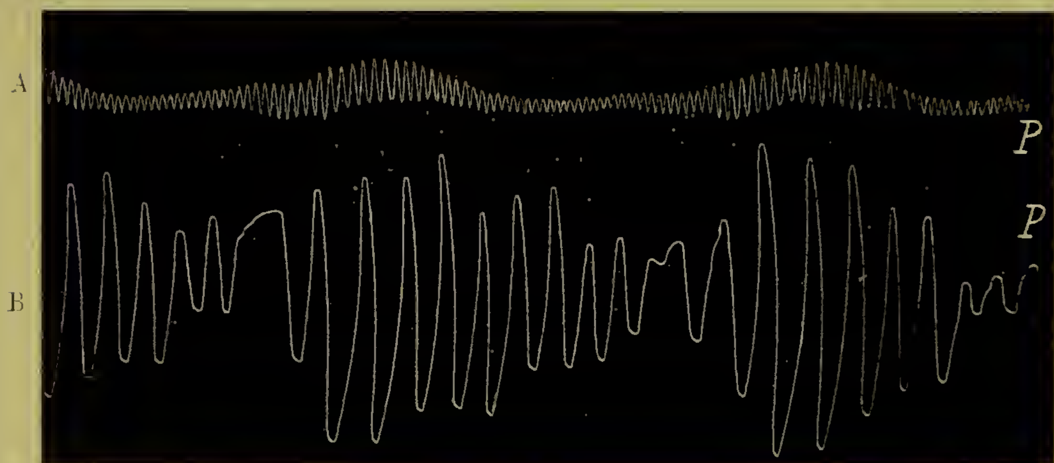


Fig. 31. — U. Mosso. — *A*) Tracciato della pressione sanguigna scritto contemporaneamente al respiro *B* nella Capanna Regina Margherita (4560 m.).

diminuita pressione barometrica non dilata i vasi per quest'altezza di 4560 metri. Dirò in seguito come la stanchezza e il male di montagna modifichino la circolazione.

Scrivendo nello stesso tempo la pressione del sangue e il respiro, come si vede nella figura 31, che rappresenta un tracciato

preso su mio fratello, mi accorsi che sulle Alpi vi è un rapporto intimo tra questi due fenomeni. Quando si rinforza il respiro cresce la pressione, e questa scema quando il respiro diminuisce di intensità. Il sincronismo è chiaro tra questi due fenomeni. Non credo però che uno sia la causa dell'altro, probabilmente sono entrambi l'effetto di un mutamento contemporaneo che succede nel centro del respiro e dei nervi vasomotori.

In mio fratello, nel quale i periodi del respiro sono più evidenti, sono anche più forti le ondulazioni nella pressione del sangue. Queste osservazioni a parer mio sono importanti, perchè non sapevasi prima d'ora dai fisiologi che nell'uomo esistesse un rapporto così intimo tra la pressione del sangue ed i periodi del respiro.

Un fatto egualmente nuovo e fondamentale risulta da questi tracciati, ed è il cambiamento periodico della frequenza nei battiti cardiaci. Quando il respiro si rinforza, vedesi in mio fratello (tracciato 31) che divengono più forti e meno frequenti le pulsazioni del cuore. Quando si rallenta il respiro o cessa, le pulsazioni del cuore si fanno più deboli e più frequenti. Anche in me (come si vede nel tracciato 30) si producevano le medesime variazioni periodiche nella frequenza del polso, che non ho mai riscontrate nella pianura. Nel male di montagna ho riscontrato questi mutamenti periodici nella forza e nella frequenza del polso. Conchiudo perciò che sulle Alpi si altera la funzione del cuore, per modo che anche nel riposo completo e quando uno crede di star bene, vi sono dei periodi nei quali diminuisce l'attività del cuore, e vi è un principio di paralisi in quest'organo, e che dopo tale diminuzione nell'energia delle sistoli, vi è un periodo nel quale appare rinforzata l'azione dei nervi cardiaci, perchè le pulsazioni del cuore sono più forti e meno frequenti.

Non conosco fino ad ora nella fisiologia dell'uomo alcun fatto più intimo che possa spiegarci il meccanismo col quale si produce il male di montagna.

Lo studio contemporaneo del respiro e della pressione sanguigna mi giovò anche per altri riguardi. Alcuni modi di respirare che sembrano irregolari quando si esaminano isolati, non appariscono più tali quando si scrive contemporaneamente la pressione del sangue.

Cito l'esempio di un inglese, il signor G. Thompson, che arrivò con un suo amico ed una guida talmente fresco alla Punta Gnifetti, che non voleva neppure entrare nella Capanna. Era un giorno di bel tempo e pareva si contentassero di fermarsi un po' sul terrazzo al sole godendo il panorama dei monti e quindi ri-

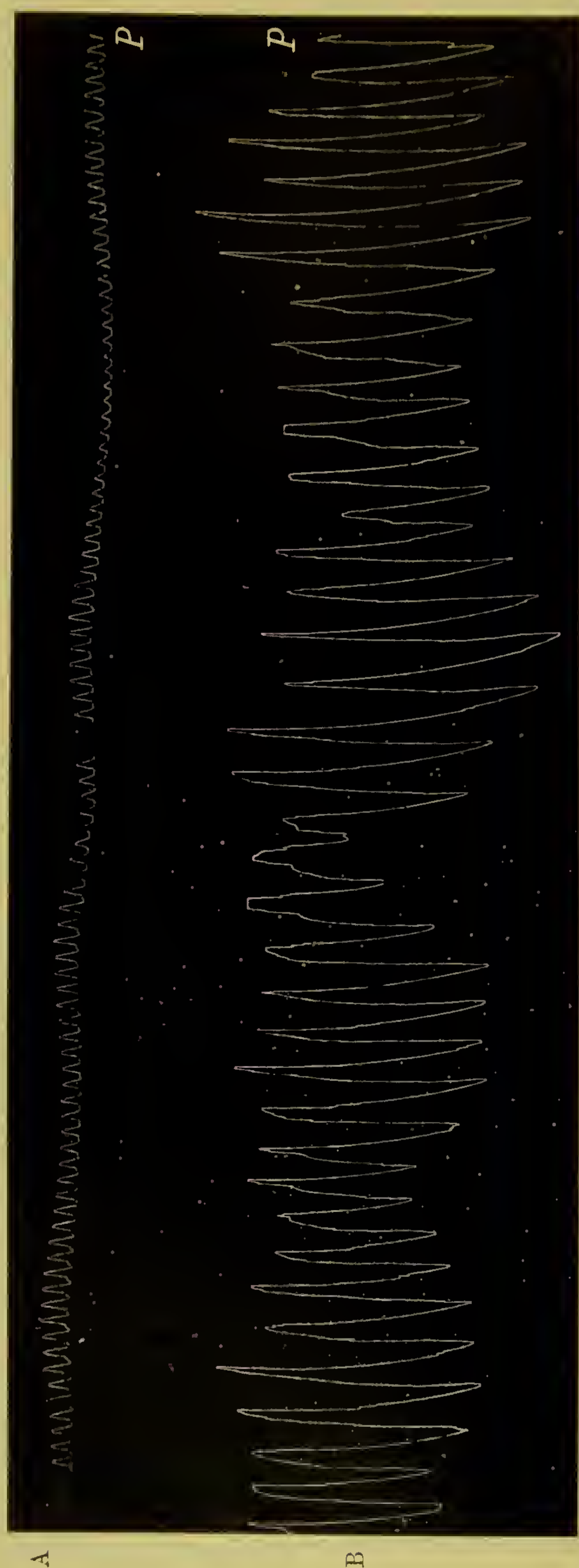


Fig. 32. — G. Thompson.

A) Tracciato della pressione scritto contemporaneamente al respiro *B* nella Capanna Regina Margherita (4560 m.).

partire. Entrati si interessarono ai lavori della nostra spedizione, ed accettarono volentieri di pagare anche loro il pedaggio alla fisiologia lasciandosi esaminare.

Anche in questa figura 32 come nella precedente, il tracciato della pressione fu scritto in alto: quello del respiro sotto. Guardando quest' ultimo si crederebbe che le irregolarità dovute ad inspirazioni profonde e ad altre superficiali, siano succedute a caso, perchè simili irregolarità, specialmente nella fatica, si osservano in quasi tutte le persone. Se però teniamo conto delle ondulazioni che osservansi nel tracciato superiore, vediamo che il cuore batteva più forte nel polso scritto collo sfigmo-manometro

tutte le volte che la respirazione diventava più ampia, e che viceversa la pressione del sangue diminuiva mentre scemava la forza del respiro.

La frequenza dei battiti cardiaci è maggiore anche nel signor Thompson quando il polso è più debole, e si rallenta quando il polso diviene più forte.

V.

Il numero delle pulsazioni cresce notevolmente quando si fa un' ascensione. Su tale punto siamo tutti d' accordo. Ma ora si crede che il polso sia molto più frequente sulle montagne, anche quando uno trovasi nello stato di profondo riposo. Nelle tabelle del capitolo sedicesimo sono scritte le osservazioni che feci giorno per giorno su cinque soldati nella mia spedizione al Monte Rosa. Specialmente sono importanti le cifre che segnano la frequenza del polso al mattino prima di alzarsi dal letto. Risulta che c'è una piccola influenza, perchè il minimo osservato a Torino non lo si ebbe più nella Capanna Regina Margherita.

Le differenze sono però assai meno considerevoli di quanto non si ammetta ora dai fisiologi, i quali si occuparono di questo argomento. Pubblicherò in un prossimo lavoro le indicazioni bibliografiche degli scritti più recenti.

Furono specialmente i medici delle stazioni climatiche quelli che fecero il maggior numero di pubblicazioni su questo argomento. Le contraddizioni le quali osservansi nei loro risultati provano che non furono determinate con sufficiente esattezza le condizioni delle persone osservate.

Conosciuta l'azione del cuore, devo ancora dire qualche parola sulla corrente del sangue nei vasi capillari. Dopo Alessandro Humboldt il quale osservò sul Chimborazo a 5600 metri, che le gengive sue e dei compagni davano sangue e che la congiuntiva degli occhi era ingorgata, si spiegarono questi fatti colla vecchia idea di Haller e che Saussure aveva espresso dicendo che i vasi sono " faiblement contrebandés par la pression „.

Questa congettura non ha una base sperimentale, e dopo quanto ho esposto, ciascuno spero sarà persuaso che l'azione fisica non è per sè capace di produrre questi inconvenienti. La causa di queste emorragie deve invece cercarsi nella debolezza del cuore, e nella circolazione periferica languente. Il sangue ristagna nei vasi sanguigni dilatati, e la pelle prende quel colore livido caratteri-

stico che tutti hanno osservato alla faccia ed alle mani sulla vetta delle montagne.

A questo fenomeno delle emorragie avevano dato molto importanza gli scrittori, perchè veniva in appoggio delle vecchie dottrine intorno alla fisiologia dell'uomo sulle Alpi. In base alle mie osservazioni non posso dire che le emorragie siano più frequenti. Accenno solo il fatto e ne parlerò più a lungo in seguito. Le emorragie ricordate spesso dai viaggiatori non sono mai tanto abbondanti, quanto dovrebbero essere se fossero prodotte da una causa fisica. Esse dipendono, come disse Payot[1], da una congestione passiva. Il color venoso della pelle dimostra che il sangue circola male, i vasi si sfiancano e possono rompersi più facilmente: ma questo è un fenomeno abbastanza raro che non dipende dalla pressione diminuita, la quale agisca localmente aspirando il sangue, e tanto meno dalla palpitazione del cuore che alcuni credono possa rompere i vasi sanguigni per mezzo di un polso troppo forte.

[1] A. Payot, *Du mal des montagnes*. Thèse. Faculté de médecine de Paris, 1881, pag. 63.

CAPITOLO QUINTO.

La stanchezza del cuore.

I.

Il cuore, quando compie un lavoro soverchio, si dilata e si altera. L' azione prolungata dei muscoli produce la stanchezza del cuore.

Nel 1870, un medico inglese chiamò l'attenzione dei medici su questo argomento. Raccolti i fatti patologici ed i sintomi, si conobbe definita una nuova malattia, la quale venne chiamata strapazzo cardiaco, o sforzo del cuore, o irritabilità cardiaca, o subparalisi del cuore, secondo i vari autori.

Riferisco la prima osservazione che Albutt fece sopra di sè stesso, ed esporrò dopo le indagini che feci io col dottor Z. Treves a Torino e col dottor Abelli sul Monte Rosa, dalle quali è provato che le prime traccie di questa malattia possono comparire nell'uomo sano in seguito ad una ascensione.

Ecco una pagina importante di Albutt che fa un'applicazione felice dell'alpinismo alla scienza[1].

" Nell'estate del 1868 cominciai, egli dice, troppo presto a fare delle gite sulle Alpi, senza essermi prima allenato abbastanza. Dopo tre giorni di lunghe passeggiate a piccole altezze, feci col signor K. l'ascensione del Galenstock e andammo nel giorno successivo all'Oberaarpass. Invece di partire dal Grimsel ci fermammo

[1] CLIFFORD ALBUTT, *St. George's Hospital Reports*. Vol. V, 1870, p. 29.

al Rhonengletscher, andammo al Grimselpass e salimmo sul Sidelhorn, prima di metterci effettivamente all' opera. Alla sera cambiammo pure un' altra volta d' itinerario e invece di scendere a Viesch, andammo in cerca d'un alloggio migliore all'Aeggischhorn. Per ciò fummo obbligati, verso la fine del giorno, a camminare con passo alquanto accelerato per raggiungere quest' alpe.

" Fino a quel momento io ero sempre stato bene. Ma quel dispendio maggiore di forza che fu necessario per sollevare nuovamente il peso del mio corpo a circa 2000 piedi produsse uno strapazzo del cuore destro. Improvvisamente venni preso da uno strano bisogno di respirare che non avevo mai provato, il quale era accompagnato da una sensazione molto spiacevole di tensione e di pulsazione all' epigastrio. Misi la mano sul cuore e sentii che il battito era diffuso a tutto l' epigastrio. Apersi tosto la camicia e m'assicurai colla percussione che il ventricolo destro del cuore era molto dilatato. Mi coricai lungo e disteso sull'erba colle spalle sollevate, ed in pochi minuti ebbi il piacere di constatare che la dilatazione del cuore e l' oppressione e l' estensione della ottusità cardiaca, cominciavano a diminuire. Provai le mie forze alzandomi e coricandomi di nuovo, e poi cominciai a fare alcuni passi. Ma i fenomeni ritornavano subito a molestarmi appena io tentavo di salire. Fui perciò obbligato a mandare innanzi il signor K, ed io con grande prudenza m' incamminai lentamente. Quando giunsi all' altezza dell'albergo, e vi era un miglio o due da fare in piano, scomparve immediatamente il mio malessere. Non sentivo punto la stanchezza, e arrivato all' albergo, pranzai come al solito.

" Nella notte, verso le tre, fui svegliato improvvisamente da una forte palpitazione: il cuore batteva forte all'epigastrio, avevo dispnea ed ambascia, ma l'ottusità del cuore non oltrepassava più lo sterno. Aprii la finestra, feci alcune inspirazioni profonde, e il mio malessere scomparve. La guida Christian Almer, al quale io raccontai questo incidente, mi disse che anche a lui e ad alcuni suoi compagni era capitata la stessa cosa quando avevano dovuto affaticarsi troppo nel fare degli scalini sul pendio ripido dei ghiacciai. "

In questi ultimi tempi i medici hanno rivolto l' attenzione ai veleni che si producono nelle malattie. Sono specialmente i processi infettivi che danno luogo a infiammazioni tossiche e a localizzazioni nel cuore. E però le persone che soffrirono poco prima una febbre tifoidea, la difterite, od anche una semplice influenza, devono usare la massima cautela nell'eseguire sforzi muscolari. Gli studi clinici su questo argomento sono ora assai nume-

rosi, ed i fisiologi coi loro esperimenti vi avevano preparato già il terreno, come espose in uno scritto recente il prof. Stefani [1].

Riferisco un frammento di una memoria del fisiologo Roy che riguarda l' alpinismo [2].

" Io pure, egli dice, ho fatto la prova di uno strapazzo del cuore prodotto da un esercizio musculare intenso. Durante la convalescenza di una febbre tifoidea, venni chiamato come medico a fare una marcia rapida e faticosa sulla Mer de Glace fino al Jardin per raggiungere una guida di Chamonix gravemente ferita per un accidente. I fenomeni che provai sopra me stesso, coincidono perfettamente con quelli descritti da Albutt. „

Roy e Adami mostrarono sperimentalmente che un tempo brevissimo basta per produrre una dilatazione del cuore nel cane, quando si aumenta oltre un certo limite la pressione del sangue.

II.

La forma e il volume del nostro cuore si possono conoscere dall'esterno con sufficiente esattezza adoperando la percussione. Un metodo questo di indagine che rassomiglia a quello notissimo, col quale si determina dall'esterno il livello del vino in una botte senza aprirla. Picchiando leggermente il fondo producesi un suono dove c'è l'aria, e un altro dove c'è il liquido. Nello stesso modo facendo la percussione del torace si conosce dove finiscono i polmoni. Picchiandoli risuonano perchè sono pieni d' aria. Dove invece il cuore tocca, o sta molto vicino al torace, il suono è più ottuso e più cupo.

Il dottor A. Bianchi costrusse uno strumento, al quale diede il nome di *fonendoscopio,* col quale si determina con molto maggiore esattezza il volume degli organi contenuti nella cavità toracica e dell'addome. Tale strumento rinforza talmente i suoni che non occorre picchiare come si faceva prima: basta strisciare leggermente un dito sulla pelle, e le vibrazioni diventano così accentuate che si conoscono senz' altro i limiti dell' organo che vi sta sotto nella cavità del torace o dell'addome.

[1] A. Stefani, *Action de la pression artérielle sur les vaisseaux et sur le cœur.* Archives italiennes de Biologie, Tome XXVI, p. 173.

[2] Roy and Adami, *Remarks on failure of the Heart from Overstrain.* British medical Journal. Dec. 1888.



Fig. 33. — Forma e posizione del cuore determinata col fonendoscopio Bianchi.

La figura 33 rappresenta la forma del cuore come fu disegnata dal dottor Z. Treves per mezzo del fonendoscopio del Bianchi. L'o-

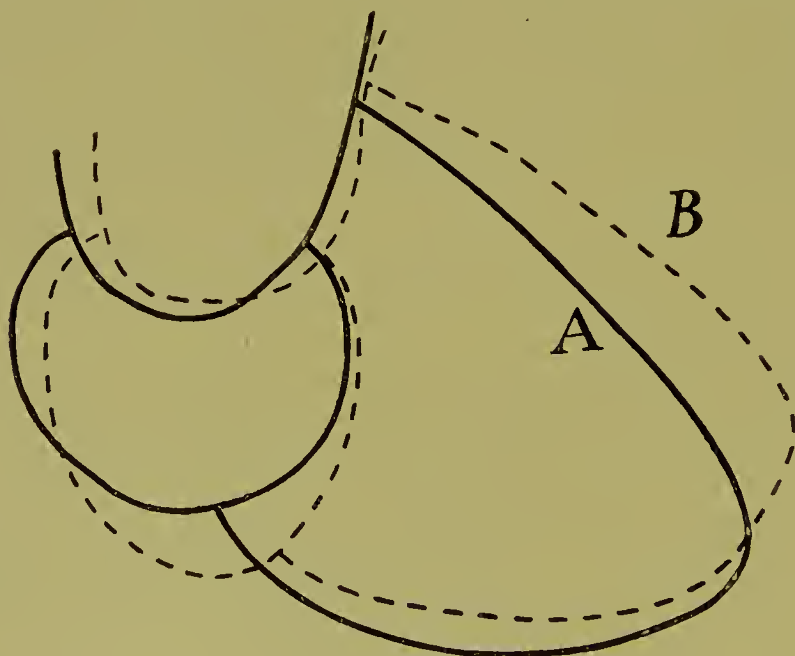


Fig. 34. — Aumento di volume del cuore dopo un' ora e mezzo di lavoro.

vale superiore che tocca coll'apice la mammella sinistra, segna la periferia del ventricolo sinistro, quello sottostante che l' inter-

seca segna i limiti del ventricolo destro. In alto sopra lo sterno vi è il profilo dell'orecchietta sinistra, e il cerchietto sottostante indica l'orecchietta destra. Il dottor Treves verificò parecchie volte questi disegni sul cadavere. La figura segnata prima col fonendoscopio, corrispose esattamente ai limiti del cuore aprendo il torace.

L'esame del cuore ripetuto ad intervalli di circa tre ore, mostra che il volume del cuore si modifica nella giornata, e che alla sera è diverso dal mattino. Il dottor Z. Treves pubblicherà presto le sue indagini. Qui mi limito a riferire una esperienza per mostrare come una breve fatica possa già alterare la forma del cuore. La medesima persona robustissima della quale ho dato la fotografia nella figura precedente, esaminata alle ore 8 e mezzo col fonendoscopio mostrava i limiti del cuore come furono segnati dalla linea A nella figura 34. Alle dieci, dopo un'ora e mezzo di esercizio faticoso fatto portando due manubri di 10 chilogrammi l'uno, salendo e scendendo le scale del Laboratorio, la forma del cuore trovasi quale è segnata dalla linea punteggiata B. Perchè la figura fosse meno complessa si tralasciò di segnare il setto interventricolare nelle due figure A B. L'aumento di volume del cuore dopo un'ora e mezzo di lavoro appare evidentissimo in questa esperienza. L'asse del cuore si è spostato ed il volume crebbe nella parte superiore che corrisponde al ventricolo sinistro.

III.

Le cose che esporrò in questo capitolo intorno allo strapazzo del cuore hanno un interesse più generale che non sia il semplice studio dell'alpinismo. Quanti fanno grandi fatiche colla bicicletta, col remo ed in qualsiasi altro modo, vanno soggetti ai medesimi incomodi.

Due sono le cause che modificano il cuore nella fatica; l'una è di origine meccanica, o idraulica, e dipende dalla pressione del sangue; l'altra è chimica, o tossica, e dipende dai prodotti di scomposizione dell'organismo.

Intorno alla circolazione nei muscoli che si contraggono vi sono molte osservazioni. Gli autori che hanno più autorità come Ludwig e Chauveau dissero che il sangue circola più facilmente nel muscolo che si contrae. Sperimentando sull'uomo non mi riuscì di vedere questo aumento della circolazione. Il problema non si

limita però a sapere come scorra il sangue nel muscolo che lavora, sibbene come stia la pressione generale del sangue. Quando i muscoli lavorano, anche se non sono molti, tutti sappiamo che la circolazione del sangue si modifica profondamente, tanto da produrre la palpitazione del cuore.

Studiai con nuovi sperimenti il problema della circolazione

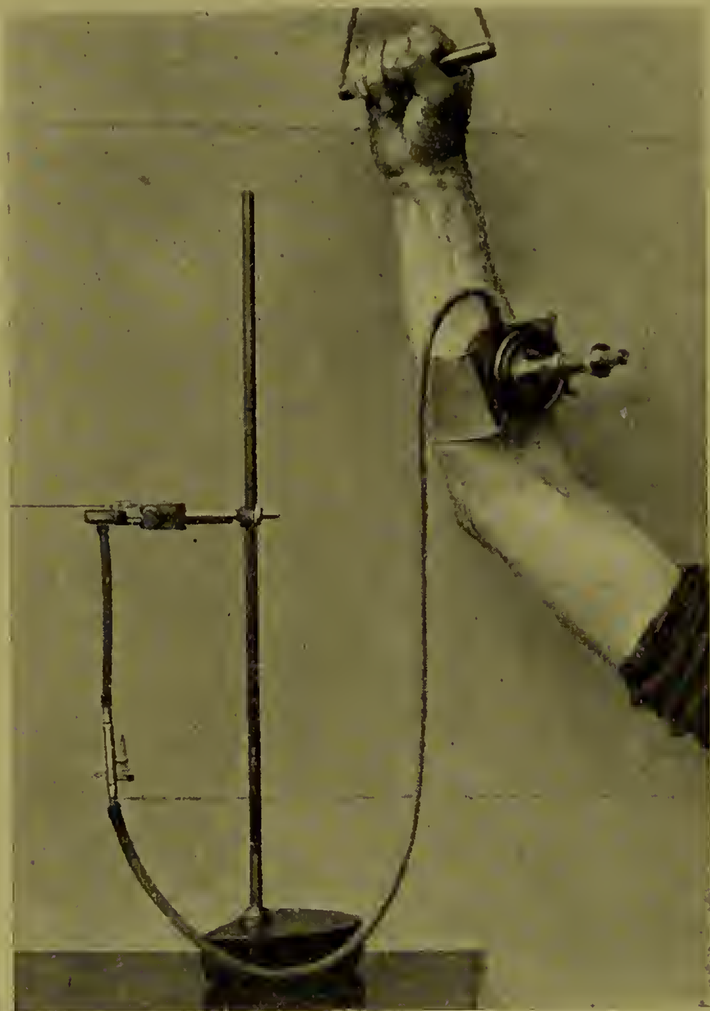


Fig. 35. — Miosfigmografo per studiare la circolazione del sangue.

sanguigna nel muscolo che si contrae, e mi associai in tali ricerche il dottor F. W. Tunnicliffe di Londra. Il metodo da noi seguito consiste nell'esaminare le pulsazioni proprie del muscolo. Costruimmo a tale scopo uno strumento rappresentato dalla figura 35, il quale rassomiglia, in alcune parti, a quello già noto nella fisiologia col nome di cardiografo del Marey. Vi è la medesima capsula di legno, la quale per mezzo di una fascia viene

fissata sopra il polpaccio della gamba, oppure sui muscoli flessori delle dita, come si vede nella figura 35. Dentro alla capsula di legno vi è un timpano a membrana elastica, con una molla spirale interna e un bottone di legno all'esterno. Per mezzo di una molla metallica chiusa nel tubo che sta sopra il timpano si può comprimere il muscolo fino a che diventino visibili le sue pulsazioni, le quali poi vengono scritte per mezzo di un timpano a leva sul cilindro infumato. A questo strumento abbiamo dato il nome di *miosfigmografo* perchè serve a registrare il polso dei muscoli.

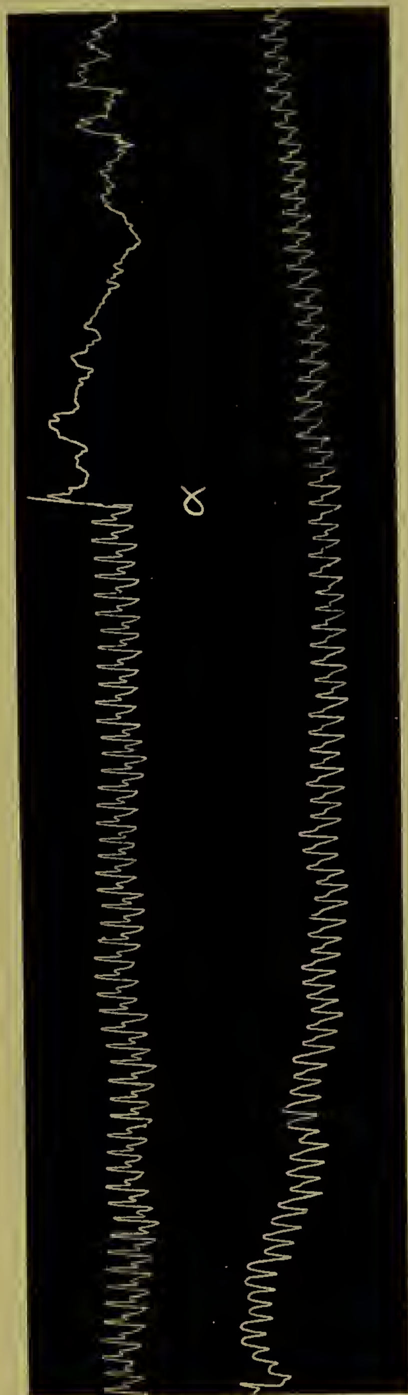


Fig. 36. — Dott. Tunnicliffe.
Polso scritto col miosfigmografo sul polpaccio della gamba. Linea superiore nel riposo e l'ultima parte durante la contrazione. La linea inferiore fu scritta cessata la contrazione forte che durò un minuto.

Applicando il miosfigmografo alla superficie di un muscolo senza dargli una pressione sufficiente, non si vedono pulsazioni. Quando invece la pressione è uguale a 2 o 3 centimetri di mercurio, si ottiene un tracciato quale ho riprodotto nella linea superiore della figura 36. Queste pulsazioni sono scritte dal polpaccio della gamba, ossia dei muscoli gastrocnemi e gemelli. Si verifica qui, quanto ho già osservato collo sfigmomanometro, che cioè le pulsazioni vanno crescendo di altezza fino ad un certo limite, a misura che va crescendo la pressione esterna. Le piccole vene ed i vasi linfatici danno al muscolo che non è compresso una consistenza quasi fluida, così che le pulsazioni delle piccole arterie non si vedono. La compressione che si fa col miosfigmografo rende il muscolo più resistente nella

parte compressa, e le pulsazioni delle piccole arterie possono trasmettersi a traverso la pelle fino al timpano registratore. Per questo le pulsazioni sono più forti quando il braccio è sollevato come si vede nella figura 35.

Sadler[1] e Gaskell[2] hanno già studiato la circolazione del sangue nei muscoli durante la loro contrazione. Non mi fermerò qui per fare la critica e il raffronto delle loro esperienze. Per l'intento nostro di vedere come si modifichi la circolazione del sangue nei muscoli che lavorano, è sufficiente esaminare la figura 36 ottenuta sul dottor Tunnicliffe e applicando il miosfigmografo sul polpaccio della gamba. Stando coricato su di una tavola, teneva la gamba sollevata, mettendo il piede sulla spalla di un assistente. Scritta la prima parte del tracciato fino in α, egli eseguisce in questo punto una forte contrazione dei muscoli posteriori della gamba, la quale dura un minuto. Il tracciato scritto durante la contrazione non lascia più vedere il polso. Questo dipende dall'indurimento che subisce il muscolo il quale nella contrazione si ingrossa e si raccorcia. Secondo queste esperienze non esiste per il fatto della contrazione muscolare la dilatazione dei vasi sanguigni, ammessa ora generalmente. Vi sarebbe invece, secondo noi, una circolazione meno forte nei muscoli durante l'attività loro. Questo fatto sarebbe in parte la causa dell'aumento il quale producesi nella pressione del sangue quando lavorano i muscoli.

La linea inferiore della figura 36 fu scritta appena cessò la contrazione. Vediamo che le pulsazioni hanno un profilo diverso. La seconda elevazione dicrotica è scomparsa. Le pulsazioni sono più vicine perchè il cuore batte più frequente. La punta delle pulsazioni è smussata: e nelle prime 15 o 20 pulsazioni dopo cessata la contrazione non si vede il dicrotismo: questo va lentamente ristabilendosi; ma anche dopo un minuto la forma del polso è diversa da quanto era prima della contrazione. Tali mutamenti nella forma del polso, provano che i vasi sanguigni dei muscoli si dilatano dopo una forte contrazione, e che cedono più facilmente sotto l'impulso dell'onda sanguigna che li attraversa. La dilatazione successiva dei vasi, osservata dopo la contrazione, probabilmente è prodotta dall'arresto della circolazione succeduto nel muscolo durante il tempo che rimase contratto.

Per analogia, sapendo che gli organi quando funzionano sono

[1] W. Sadler, *Ueber den Blutstrom in den ruhenden, verkürzten und ermüdeten Muskeln.* Ludwig's Arbeiten, 1869, p. 189.

[2] W. H. Gaskell, *Ueber die Aenderungen des Blutstroms in den Muskeln durch die Reizung ihrer Nerven.* Ludwig's Arbeiten, 1876, p. 45.

più attivamente irrigati dal sangue, sembra meglio probabile che i vasi si dilatino nei muscoli durante la loro contrazione. Avendo però questi organi dei periodi di attività molto brevi, potrebbe anche darsi che i vasi dei muscoli non si dilatino durante la contrazione e che non occorra per i bisogni del muscolo altra dilatazione dei vasi se non quella successiva osservata col miosfigmografo. Il massaggio che esercita automaticamente il muscolo sopra i suoi vasi nell'atto del contrarsi, basta forse da solo, nelle contrazioni rapide e di breve durata, a rendere più attiva la circolazione nel suo interno. Comunque sia noi vediamo che la circolazione diviene più facile nel muscolo dopo che si è contratto. Questo giova certo al muscolo per levargli le sostanze nocive e le scorie che il lavoro ha prodotto nelle sue fibre.

IV.

Col dottor Tunnicliffe ho studiato i mutamenti della pressione del sangue durante la marcia. Le ricerche fatte prima da Basch, da Maximowitsch, da Rieder ed Oertel provarono che la pressione del sangue cresce durante il lavoro e le ascensioni. Noi abbiamo studiato la pressione del sangue mentre l'uomo cammina, ed abbiamo veduto che aumenta di due o tre centimetri di mercurio movendosi con passo ordinario.

Il prof. Oertel dice che la pressione del sangue cresce nelle ascensioni perchè vi è un aumento del flusso del sangue venoso al cuore ed un equilibrio tra la pressione arteriosa e venosa del sangue [1].

Noi abbiamo osservato che vi è una contrazione dei vasi sanguigni alla superficie del corpo, tutte le volte che facciamo un lavoro intenso dei muscoli. Questo è un altro meccanismo col quale cresce la pressione del sangue nelle ascensioni.

Un fattore importante (oltre ai due precedenti che abbiamo studiato) è la contrazione dei vasi sanguigni negli organi della cavità addominale. Non si può in altro modo spiegare che sia elevata la pressione del sangue quando si è sudati e che la pelle è più rossa, come succede nelle ascensioni. Di necessità vi deve essere meno sangue negli organi interni, se i muscoli attivi sono meglio lavati dal sangue, e sono dilatati i vasi della pelle. Questo

[1] Oertel, *Handbuch der Allgemeinen Therapie und Kreislaufstörungen*, 1891, pag. 189.

ci spiega perchè alcuni correndo o camminando molto, soffrano nausea e vomito. Esaminerò meglio più tardi i disturbi che si producono nel sistema digerente durante la fatica, i quali dipendono dall'anemia dei visceri durante la contrazione dei muscoli.

Se la dilatazione dei vasi diviene troppo grande alla superficie del corpo e nei muscoli, e il cuore diviene più debole, la pressione del sangue diminuisce. Questo fu già veduto dall' Oertel, il quale misurando la pressione sanguigna durante un'ascensione, la trovò maggiore a metà, e minore quando giunse in cima al monte.

Dopo aver accennato quali congegni funzionano nell'organismo per regolare la pressione del sangue, quando i muscoli lavorano attivamente, devo soggiungere, a mostrare la perfezione della nostra macchina, che ciascuno di questi può in parte supplire alla deficienza e ai guasti che succedono negli altri per effetto del lavoro. Non mi fermerò ad esaminare più da vicino questi ingranaggi, perchè non ho speranza di farmi comprendere più chiaramente da chi non sia fisiologo.

Per dare ancora un esempio del modo col quale funzionano le cataratte del sangue nell'organismo, riferisco i dati di un'altra esperienza fatta dal dottor Carlo Colombo nel mio Istituto. Egli pesa 66 chilogrammi ed ha 23 anni. Il 28 febbraio del 1894, alle ore 3.45, si determina la pressione sua del sangue, il polso, il respiro e la temperatura interna. Subito dopo, alle 4.10, si mette a salire e scendere per 10 volte di seguito le scale del Laboratorio, composte di 64 gradini e tiene nelle mani due manubri del peso di 5 chilogrammi ciascuno. Arriva tutto sudato ed ansante nella stanza dove lo aspettiamo. Si misura immediatamente la pressione, la temperatura, e contiamo il polso ed il respiro. Nella tabella seguente sono raccolti i dati di questa esperienza la quale si continua per oltre mezz'ora fino a che la pressione ed il respiro tornarono ad essere come prima.

Normale.

	Pressione	Polso	Respiro	Temperatura
Ore 3.45	80 mm.	65	20	37°, 0

Dopo la fatica.

Ore 4.25	105 mm.	108	37	37°, 1
„ 4.30	100	95	20	37°, 0
„ 4.35	98	79	18	„
„ 4.40	90	70	16	„
„ 4.45	80	70	17	„

Si vede da questa esperienza che la pressione del sangue è aumentata di 25 mm. di mercurio per un breve esercizio di salire e scendere le scale, e che dopo mezz'ora la pressione è tornata al valore normale.

È una perfezione grande della nostra macchina che il sangue affluisca più abbondante agli organi quando si affaticano. Siccome però la quantità di sangue che abbiamo nel corpo è appena di 5 litri, per un congegno mirabile si restringono tutti i vasi sanguigni quando dobbiamo fare un lavoro intenso col cervello e coi muscoli. L'alveo, nel quale circola il sangue, divenendo più stretto, cresce la velocità della corrente sanguigna negli organi che lavorano od hanno lavorato e cresce in questi l'energia della funzione e si ristabiliscono più presto le condizioni normali dopo che furono affaticati.

I dati presi sul dottor Colombo servono a misurare il lavoro in più, che fa il cuore quando si sale una scala. La pressione del sangue misurata nelle piccole arterie delle dita, è certo inferiore alla pressione del sangue nel cuore, ma fino ad ora per tali ricerche sull'uomo, non abbiamo altri strumenti più esatti dello sfigmomanometro.

È un calcolo semplice e dobbiamo farlo subito per conoscere in che modo si produca la fatica del cuore. Pensiamo solo alla cavità sinistra di quest'organo, la quale rassomiglia ad una borsa muscolare che contiene 180 c.c. di sangue. Nel riposo, ad ogni battito del cuore erano prima 180 c.c. che erano cacciati ad un'altezza di 85 m.m. di mercurio; dopo fatto l'esercizio su e giù per le scale sono 180 c.c. che vengono sollevati all'altezza di 105 m. m.

Supponiamo che il sangue abbia il peso dell'acqua; vedremo che prima ad ogni minuto, nel riposo, faceva un lavoro di 13.92 chilogrammetri ($0.085 \times 14 = 1.190 \quad 1.190 \times 0.180 = 0.2142 \times 65 = 13{,}92$).

Dopo la fatica, il cuore fa un lavoro doppio, di chilogrammetri 28,57 ($105 \times 14 = 1{,}470 \quad 1{,}470 \times 0{,}180 = 2646 \times 108 = 28{,}57$).

Prima di ottenere un lavoro doppio è probabile che il cuore affaticandosi non si vuoti più completamente. Non abbiamo fino ad ora alcun mezzo per rettificare questi calcoli: comunque sia, il lavoro del cuore è molto cresciuto. Quando perdura tale sforzo, si genera non solo la stanchezza del cuore, ma uno sfiancamento e una dilatazione di quest'organo, la quale diviene causa di una insufficienza del cuore, mentre le sue valvole e tutto l'apparecchio della circolazione sono intatti. A questo stato, il quale cessa di essere fisiologico quando il lavoro diviene eccessivo, venne dato il nome di fatica o strapazzo del cuore.

V.

Esaminate le condizioni fisiologiche che generano la stanchezza del cuore, ritorniamo alle osservazioni che feci sul Monte Rosa.

La forma del cuore quale può misurarsi all'esterno colla percussione del torace, e le modificazioni subite in seguito ad una marcia sui ghiacciai, sono rappresentate nella fig. 37. Il capitano medico Abelli fece questa osservazione determinando colla percussione l'ottusità cardiaca nel caporale Cento. Il giorno 7 agosto mentre eravamo nella Capanna Gnifetti, la posizione e la forma del cuore erano quali sono rappresentate nella linea nera 1 della fig. 37. Il punto preciso dove batteva la punta del cuore, il limite dell'ottusità relativa e dell'ottusità assoluta, erano segnati prima esattamente con una matita azzurra sul torace, e dopo con una carta trasparente messa sopra si copiava la forma e la posizione del cuore. L'esame del cuore venne fatto mentre la persona stava seduta avendo verticale il torace. Nel giorno successivo il caporale Cento parte dall'accampamento presso la Capanna Linty e viene su lentamente alla Capanna Gnifetti, portando 15 chilogrammi sulle spalle. È una piccola ascensione con una marcia sul ghiacciaio che dura circa un'ora e mezzo. Dopo ogni esperienza si cancellavano sul torace tutti i segni della matita, eccetto quello del bordo superiore della seconda costa (riprodotto in queste figure), perchè nell' esame successivo la deli-

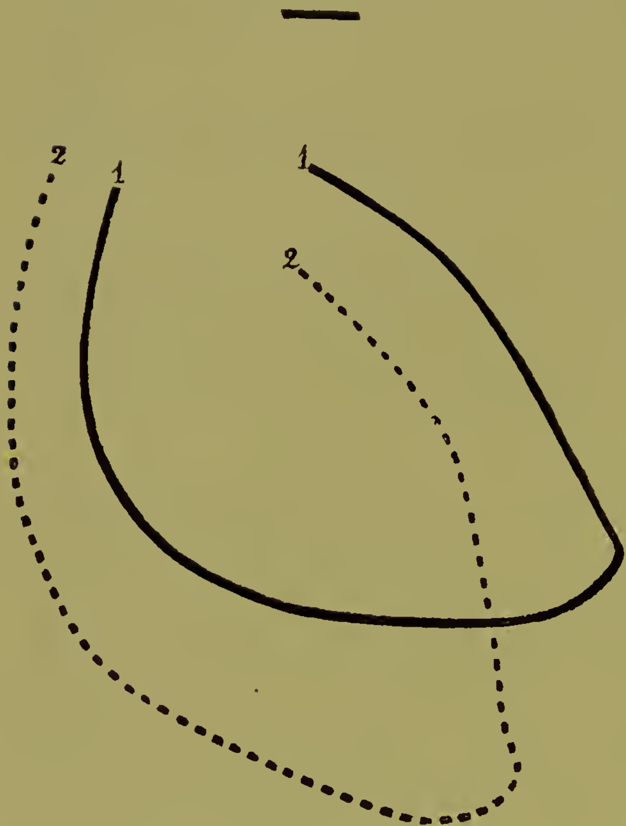


Fig. 37. — Caporale CENTO.
1. Forma e posizione del cuore prima di una ascensione. — 2. Dopo un' ascensione.

mitazione precisa dell'area di ottusità non fosse guidata da idee preconcette.

Appena giunto alla Capanna Gnifetti si determina nuovamente la posizione del cuore segnata colla linea 2 della fig. 37. Dal raffronto appare evidente che dopo questa ascensione, la punta del cuore batte più in basso, e che tutto l'organo si è spostato un po' a destra.

Il dott. Abelli credeva che il caporale Cento, malgrado l'apparenza di essere un uomo robusto, avesse forse il cuore alquanto più piccolo del normale. L'urto dell'apice del cuore contro il torace sentivasi al bordo superiore della quinta costa. In una bellissima giornata, senza vento, fece con difficoltà il tragitto dalla Capanna Gnifetti alla Capanna Regina Margherita, quantunque avesse sulle spalle solo il peso di 10 chilogrammi.

In uomini più robusti l'abbassamento del cuore per una ascensione così piccola è meno considerevole, come si vede nella figura 38, la quale rappresenta le misure fatte dal dottore Abelli nel soldato Solferino. La linea 1 segna la posizione del cuore alla Capanna Gnifetti nel riposo, il giorno 8 agosto alle ore 8, dopo aver dormito bene la notte. Il bordo superiore della seconda costa, alla linea parasternale sinistra, è fissato anche qui come nella fig. 37 dalla linea nera soprastante. La punta del cuore si percepisce al sesto spazio intercostale. Dopo essere ritornato alla Capanna Gnifetti dall'accampamento della Capanna Linty, portando solo 4 chilogrammi sulle spalle, l'ottusità e la punta si abbassano leggermente, come si vede nella linea 2, punteggiata. Il giorno 18 agosto arriva sca-

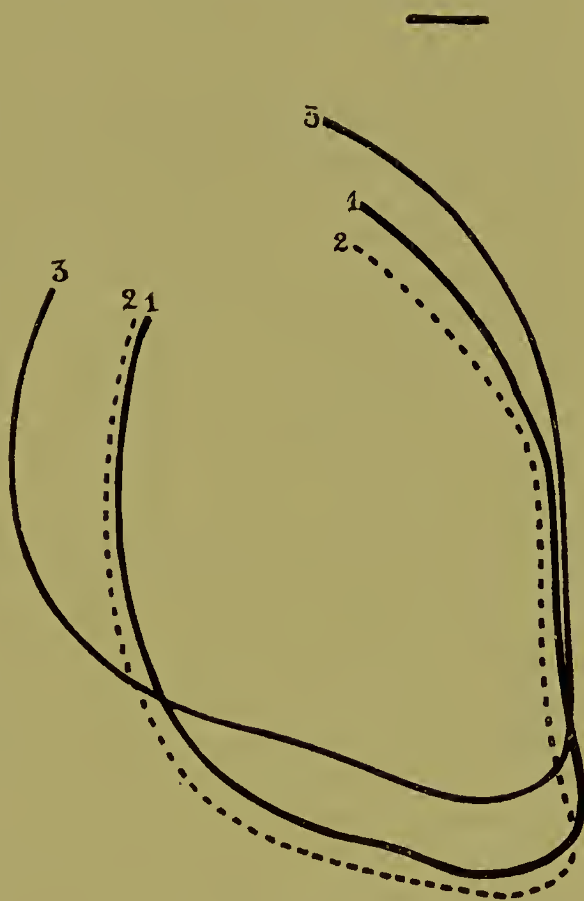


Fig 38. — Soldato Solferino.
Posizione e forma del cuore: 1. nel riposo, 2. dopo ascensione piccola, 3. arrivato alla Capanna Regina Margherita.

rico alla Capanna Margherita: la linea 3, fig. 38, rappresenta la forma del suo cuore dopo tale ascensione. Il volume è aumentato, il diametro trasversale è maggiore, la punta batte più in alto.

Lo spostarsi del cuore in alto ci aveva fatto venire il dubbio che il diaframma si sollevasse spinto dalla distensione dei gas dello stomaco e delle intestina, in seguito alla pressione barometrica diminuita. L'aver osservato a Torino il medesimo sollevamento del cuore in seguito alla fatica, tolse ogni fondamento a tale sospetto.

È questa una vecchia ipotesi che il male di montagna si produca in seguito alla dilatazione dei gas della cavità addominale, ammettendo che i gas siano capaci di porre un ostacolo al respiro sollevando il diaframma. Ho fatto delle misure intorno a questo argomento e vidi che per 2000 metri di altezza non cambia neppure di un millimetro la circonferenza dell'addome. Le persone sulle quali io feci queste misure avevano i muscoli delle pareti addominali bene sviluppati: non escludo che in chi ha le pareti meno resistenti possa prodursi una piccola dilatazione, ma non sarà certo mai un rigonfiamento tale da spostare in alto il diaframma ed il cuore recando molestia al respiro.

L'osservazione fatta nel caporale Cento è istruttiva in questo riguardo, perchè dalla Capanna Linty alla Gnifetti il dislivello è di 600 metri (3047 a 3620 metri); e la fig. 37 mostra con maggiore evidenza che il cuore si abbassa. Tale fatto è dovuto alla dilatazione del cuore. Quest'organo contiene una quantità maggiore di sangue, perchè le sue pareti si rilasciano di più: probabilmente non riesce a vuotarsi completamente nelle sue contrazioni, e per questo scende più in basso.

Alla Capanna Regina Margherita il dottor Abelli, anche nel soldato Sarteur, sul quale fece una serie esatta di misure, vide che aumentava il diametro trasverso del cuore, e che si sollevava la punta del cuore salendo su dalla Capanna Gnifetti.

Vedremo in seguito che la stanchezza del cuore è uno dei fatti preponderanti nel male di montagna.

VI.

Ho già detto che nelle ascensioni, arrestandoci, non migliorano subito le forze, ma che spesso peggiorano. Esaminiamo meglio che cosa succede nel cuore alla fine di un'ascensione.

Il soldato Chamois partì il giorno 10 agosto 1894 da Ivrea

Giunto a Pont St. Martin cogli altri compagni, si incamminò a piedi, dormì a Gressoney e il giorno 11 agosto, alle 5.30 pom., era alla Capanna Gnifetti. Dormì poco, e credè che ciò fosse effetto di cattiva digestione. Quando arrivò alla Capanna Gnifetti sentiva un dolore puntorio nella inspirazione, alla base del polmone nel lato sinistro. Alle 5.30 del giorno 12 partì che stava bene, e portava sulle spalle un carico di 16 chilogrammi. Durante il tragitto sui ghiacciai stette sempre bene. Giunto sotto la punta Gnifetti, fu preso all'improvviso da grande stanchezza nelle gambe. La comitiva che era discesa ad incontrarli sotto la vetta, lo liberò dal suo carico. Arrivato alle 9.12 alla Capanna Regina Margherita, disse che aveva un gran freddo e nient' altro. Coricatosi subito trovai che il polso era molto debole, tanto che non potevo contarlo al braccio, e dovetti tastare l' arteria al collo.

	Polso	Respiro	Temperatura
Ore 9.20	109	27	37°, 8
„ 9.30	106	22	37°, 2
„ 9.45	106	21	37°, 2
„ 11.10	116	21	37°, 1
„ 5.30	108	22	36°, 9

Questo aumento successivo del polso osservai in altre persone, ma non in tutte, e credo dipenda dalla stanchezza del cuore.

L' ultima salita per giungere alla Capanna Regina Margherita è faticosissima, ciò nulla meno la frequenza del polso che ebbi a riscontrare in molte persone, non arrivò mai fino a 166 pulsazioni, che segna il valore massimo trovato da Jaquet e da Christ lavorando solo per 15 o 20 minuti coll' ergostata [1]. Tale differenza io attribuisco alla stanchezza maggiore del muscolo cardiaco, quale si produce sui ghiacciai del Monte Rosa. Lortet salendo l'ultima parte del Monte Bianco contò 160 pulsazioni. Questo massimo io non l'ho riscontrato nell' altitudine di 4560 m. Il che ci mostra quanto siano complessi tali studi. Tastare il polso giova a poco, quando non si tenga conto esatto delle condizioni e dei fattori molteplici che modificano l' azione del cuore e dei vasi sanguigni.

Saussure quando fece un' ascensione al Moncenisio nel 1787, contò il polso sulla vetta e poi all'ufficio della posta del Moncenisio. In alto fece le osservazioni dopo due ore di riposo e in basso appena arrivati, così trovò che uno aveva il polso meno

[1] H. Christ, *Ueber den Einfluss der Muskelarbeit auf die Herzthätigkeit.* Leipzig, 1894, pag. 16.

frequente sulla vetta che in basso, ed uno, così in alto come in basso, l'aveva eguale. Zumstein, sulla piramide Vincent, tastando il polso dei suoi compagni trovò solo 77 pulsazioni in un cacciatore che si era sentito male, mentre che egli aveva 101, Vincent 80 e una guida 104. Secondo Saussure quelli che soffrirono il male di montagna sul Moncenisio avevano il polso più accelerato e stando all'osservazione di Zumstein era più lento.

Citai queste che furono le prime osservazioni per accennare alle difficoltà del soggetto, e per dire che dopo un secolo non si è ancora bene in chiaro su queste differenze individuali.

VII.

Leggendo le relazioni delle gare che ora si fanno colla bicicletta, capita spesso di trovare che qualcuno fu colto da uno svenimento. Arturo Linton ebbe uno svenimento nel *record* Bordeaux-Parigi, ma ebbe tempo di rimettersi ed arrivò ancora il primo. Altri hanno uno svenimento quando si fermano per firmare i registri lungo la strada: stanno male qualche minuto e poi ripartono. Sembra che il riposo invece di migliorare peggiori le condizioni del cuore.

Facevo degli esperimenti sopra i soldati intorno ai mutamenti che subisce la pressione del sangue nelle marcie.

Alle sei antimeridiane tre soldati che stavano nel Laboratorio prendevano il caffè e quindi partivano in armi e bagaglio e andavano fino al Baraccone sulla strada di Rivoli, che è distante circa 9 chilometri. Tutto compreso, armi e vestiario, portavano circa 22 chilogrammi, e la temperatura essendo elevata, perchè eravamo già nel mese di giugno, camminavano all'ombra dei grandi olmi che fiancheggiano questa strada. Un soldato per nome Janetti di Busto Arsizio partì alle 6.25 del 10 luglio. Polso 80. Respiro 16. Pressione del sangue misurata collo sfigmomanometro, 80 mm. di mercurio.

Alle ore 11.47 ritornato dal Baraccone. Polso 102. Respiro 20. Pressione 100 mm. di mercurio. Si riposa, fa colazione, e riparte alle ore 2 pomeridiane.

Ritorna alle 7 pom. Appena giunto, il polso è 126: metto le dita nell'apparecchio e trovo che la pressione oscilla fra 76 e 80 mm. Il soldato Janetti non stava tranquillo, poggiava il corpo ora su di una gamba e ora sull'altra. Siccome questo faceva muovere alquanto le dita e rendeva difficile la determinazione esatta della

pressione sanguigna, lo prego di stare fermo. Improvvisamente la pressione diminuisce. Guardo le dita e vedo che sono bene a posto, li soldato mi dice che si sente male: infatti è pallido e piega la testa sulle spalle. Era uno svenimento. Subito levo le dita dall'apparecchio. La pressione era scesa a 50 mm. Lo portiamo sul letto, sorreggendolo sotto le ascelle: gli facemmo bere un po' di acqua fresca e poco dopo stava bene. Tornai a misurare la pressione che era solo 75 mm. .e il polso 106. Alle ore 7.28 cioè circa 20 minuti dopo lo svenimento si era completamente rimesso. Egli credeva che lo svenimento fosse dipeso da indigestione perchè aveva mangiato del lesso troppo grasso e dopo aveva bevuto al Baraccone una mezza bottiglia di gassosa con ghiaccio.

L'importanza di questa osservazione sta appunto nell'aver veduto come si modifichi la pressione sanguigna durante uno svenimento. La coscienza non scomparve completamente, eccetto forse nel momento che lo coricammo sul letto. Il polso si rallentò alquanto nell'istante che precedeva lo svenimento. Disgraziatamente questa volta non scrissi la pressione sul cilindro come faccio quasi sempre.

La diminuzione della pressione sanguigna quando ritorna la seconda volta dal Baraccone dopo aver percorso 36 chilometri, è il sintomo più evidente della fatica del cuore che batteva più in fretta, facendo 126 pulsazioni, e ciò malgrado non aveva più l'energia per tenere elevata la pressione del sangue.

Perchè non rechi sorpresa l'aver letto la descrizione di un altro svenimento, devo avvertire che da molti anni lavoro intorno alla fatica. Il professor V. Aducco, il professor Maggiora e mio fratello ebbero a loro disposizione intere compagnie di soldati che facevano delle marcie forzate. Non deve quindi meravigliare se in tanti studi sulle marcie qualcuno siasi sentito male. Mio fratello e il professor Maggiora fecero delle marcie forzate fino agli estremi dell'esaurimento, fino ad avere i lividi nelle gambe. Accenno questo per dare una testimonianza dell'entusiasmo e dell'abnegazione coi quali abbiamo affrontato lo studio della fatica.

Tali studi sulle marcie forzate, e quelli fatti sui miei soldati prima di condurli sul Monte Rosa, mi permettono di affermare che per una eguale fatica sono più gravi i fenomeni della stanchezza del cuore osservati sulle Alpi.

VIII.

Quando i vasi sanguigni non sono perfettamente elastici, come succede nei vecchi e qualche volta nei giovani, i quali hanno, per così dire, una vecchiaia precoce delle arterie, succedono disturbi più gravi nella circolazione per effetto della fatica. Per farci un'idea del danno che arreca al cuore un indurimento delle arterie e una diminuzione della loro elasticità, basta pensare ai tubi pneumatici della bicicletta. L'importanza di questa invenzione consiste in ciò, che la gomma piena di aria è un corpo talmente elastico che smorza gli attriti e i colpi che incontra la bicicletta sul terreno. Ora le gomme si applicano già alle vetture, e si trovò che diminuisce di un terzo il lavoro dei cavalli. Il cuore di un vecchio può rassomigliarsi ad un uomo che corra su di una bicicletta che ha i tubi pneumatici rotti.

Questo ci spiega il fatto, quale a me capitò più volte di osservare, che una passeggiata in montagna, anche non molto faticosa, produce delle irregolarità nel ritmo del cuore nelle persone che hanno le arterie non perfettamente elastiche. Queste irregolarità possono durare anche 3 giorni, e sono accompagnate da un senso di prostrazione delle forze che va lentamente scomparendo.

Anche nelle persone sane una forte fatica produce delle irregolarità nel polso. Durante il mio soggiorno sul Monte Rosa vidi che le marcie sul ghiacciaio produssero, quasi in tutti, una leggera irregolarità nei battiti del cuore.

Il polso delle guide lo trovai spesso irregolare, anche nelle persone più robuste, come in Zurbriggen.

Quanto espressi fin qui ci spiega perchè fra gli abitanti delle montagne siano molto più frequenti le malattie del cuore che non nella pianura, e perchè gli uomini ne soffron di più che le donne. Nei miei viaggi intorno alle Alpi ho interrogato spesso i medici, tanto sul versante italiano quanto in quello francese e svizzero, e le risposte sono concordi nello stabilire che i vecchi muoiono quasi tutti con malattie di cuore.

Un certo grado di sviluppo oltre il normale del cuore è necessario, e perciò non dobbiamo temere la fatica. Per essere forti e resistenti occorre un cuore alquanto più sviluppato del normale e come solo può dare l'esercizio.

Questo si vede bene nel cavallo. Gli scrittori più autorevoli

di anatomia del cavallo affermano che il peso normale del cuore di un cavallo di razza comune sia di 3 a 4 chilogrammi; il cuore di un cavallo da corsa pesa in media 5 a 6 chilogrammi. In seguito al lavoro eccessivo e continuo delle corse il cuore di un cavallo inglese puro sangue, può anche arrivare ad 8 chilogrammi, senza che ne consegua un disordine nella circolazione per tale grado di ipertrofia che ha raddoppiato il peso del cuore.

Non si fecero che io sappia degli studi sul peso del cuore nelle varie provincie, ma vedendo le fatiche che fanno i montanari ho quasi la certezza che il cuore loro debba essere anche nella giovinezza, assai più sviluppato che non nelle popolazioni della pianura.

Capitolo Sesto.

Accidenti prodotti dalla fatica eccessiva e dall'esaurimento nervoso.

I.

Esiste una sola fatica — la nervosa. Questo è l'unico tipo di stanchezza, dal quale derivano tutte le forme di esaurimento, quando l'organismo oltrepassa nella sua attività i limiti fisiologici.

Ho già studiato questo argomento nel mio libro sulla Fatica. Il tema è inesauribile e si presterà sempre a nuove indagini. Dobbiamo innanzi tutto distinguere la fatica dalla stanchezza. Che cosa sia la fatica sappiamo. È una sensazione vaga che non possiamo definire e tanto meno graduare colle parole. A quel sentimento di fatica minore, il quale perdura dopo esserci riposati, diamo il nome di stanchezza.

La stanchezza ci assale qualche volta anche senza che vi sia stato un lavoro del cervello, o dei muscoli, e ciò succede specialmente negli isterici e nelle persone che hanno una grande eccitabilità nervosa. La buona e la cattiva disposizione, il buon umore o il cattivo umore di che si parla tanto spesso non sono un capriccio dell'organismo, ma, come il bel tempo e il cattivo tempo, dipendono da cause naturali che turbano l'atmosfera del sistema nervoso.

Una delle cause probabili dei mutamenti che succedono in noi, senza che ne conosciamo la ragione, credo avere trovato studiando la temperatura del cervello nell'uomo. Una fanciulla per nome Delfina Parodi, aveva una ferita alla tempia nel lato sini-

stro della fronte, la quale penetrava nel cranio. Quando fu guarita, le rimase un'apertura nell'osso da cui mi fu possibile introdurre un termometro nella scissura di Silvio (una parte profonda del cervello, e la più importante per lo studio dei fenomeni psichici). Era la prima volta che un fisiologo poteva esaminare nell'uomo la temperatura del cervello con termometro esattissimo il quale segnava la millesima parte di un grado.

Da quelle ricerche[1] risultò che due sono le cause per le quali si sviluppa calore nel cervello. Una è l' attività psichica, cioè il lavoro chimico necessario per mantenere la coscienza, l' altra è la nutrizione e denutrizione del cervello, che operano indipendentemente dalle funzioni dell'intelligenza e del moto. Agli aumenti della temperatura che osservai durante il sonno non turbato da sogni, e nello stato di riposo, e di completa incoscienza, ho dato il nome di *conflagrazioni*.

Ho potuto misurare col termometro l'intensità del consumo di energia, che succede nel cervello senza trasformarsi in una sensazione od in un pensiero. Il cervello può dunque lavorare a vuoto? Sì. L' affermazione è grave, ma io ciò vidi nel sonno e sotto l'azione dell'assenzio. Per capire questa dissociazione interna e questo consumo più rapido della materia, pensi il lettore ad un orologio nel quale la molla tesa si smonti senza far girare l'indice, ed avrà un'idea di questa energia nervosa che va perduta nel cervello senza che l'indice delle sensazioni interne segni che è succeduta una trasformazione nell'organo della coscienza.

I medici diedero in questi ultimi tempi una grande importanza ai sogni nella produzione della stanchezza, e questo è giusto. Tissié si occupò in modo particolare di questo studio, e dimostrò che alcuni accidenti patologici che sembrano succedere senza causa nota negli isterici, dipendono dalla fatica del cervello causata dai sogni.

Non è questo il genere di fatica che qui voglio accennare. La conflagrazione è un processo dissociativo, un consumo di energia che dipende da altri processi, che non sono quelli fisiologici del pensiero e del moto. Accenno questi fatti per dare al lettore la persuasione che i nostri sensi sono imperfetti e limitati, e che noi manchiamo di un senso speciale il quale ci faccia avvertiti e, a così dire, controlli l'energia che perdiamo in ogni azione nervosa.

Per gli animali, e per gli uomini che vivono in condizioni naturali, certo è una perfezione dell'organismo il non essere molestati dalla sensazione delle perdite di energia che facciamo con-

[1] A. Mosso, *La temperatura del cervello*. Treves, Milano, 1894.

tinuamente nella lotta per la vita. La macchina nostra è così fatta che la fatica ci ferma solo poco prima che la bilancia stia per traboccare. Il dolore che accompagna la fatica è come una valvola di sicurezza che si apre solo per dare il fischio di allarme e così fino a quel momento possiamo lavorare tranquilli. Disgraziatamente vedremo fra poco che questa valvola di sicurezza non funziona sempre ed egualmente bene in tutti gli uomini. Fino a che si credeva che un atto della volontà fosse qualche cosa di immateriale, era lecito pensare che passasse inavvertito sulla materia dell'organismo, ma ora tutti sono convinti che il solo fatto di pensare o di sentire troppo può condurre ad un esaurimento nervoso. Ogni atto della volontà è l'effetto di una combustione interna, la quale insieme ai residui delle sostanze che si distrussero, lascia come una fuliggine ed un lungo strascico nell'organismo.

Ho dimostrato nel mio libro sulla Fatica che ogni atto della volontà, anche quello semplicemente di stringere la mano fortemente, è accompagnato sempre da una stanchezza centrale: e che nel cervello per questa contrazione dei muscoli vi fu un consumo di forza e che per ripristinare lo stato suo, e reintegrarlo nella forza primitiva, occorre un certo tempo.

Le ascensioni in montagna, le corse in bicicletta, le gare di canottaggio, tutti i generi di *sport*, tutte le fatiche più gravi degli operai, tutti gli sforzi intellettuali degli uomini di studio, sono identici nella loro natura, non sono altro che una fatica del sistema nervoso.

I concetti generali hanno questo grande valore che avvicinano delle cose che parevano lontane, che trovano un legame ed un nesso tra dei fenomeni disparati. Il lavoro della scienza sta precisamente in questo: raccogliere sotto una medesima legge il numero maggiore di fenomeni.

II.

Nelle ascensioni chi si trova il primo a capo della corda si affatica di più e più presto di quelli che gli stanno dietro. Si può credere che questo dipenda dal lavoro meccanico maggiore che fa chi apre la marcia, perchè esso affonda nella neve lasciando le orme che serviranno agli altri, e deve tagliare gli scalini nel ghiaccio, e rimuovere gli ostacoli, ecc. Ma ciò non basta. Anche

sul Cervino e nelle montagne dove non c'è neve nè ghiaccio, chi è primo nella cordata si stanca più degli altri.

Coloro che fecero le prime ascensioni sul Monte Bianco, sul Monte Rosa e dovunque, hanno sofferto assai più di quelli che li seguirono, perchè in essi era maggiore la fatica nervosa.

È l'attenzione che stanca. Pochi esercizi affaticano quanto la scherma, perchè in nessuno è più vivo lo sforzo dell'attenzione.

Mi ricordo una volta che smarrimmo la direzione sul ghiacciaio. Uno della comitiva si slegò per esplorare intorno i crepacci e poi ritornò per additarci la buona strada. Intrepido come egli era, andava solo avanti. Era il primo tentativo che facevamo senza guida sul ghiacciaio. Uno della carovana camminò alcuni minuti e poi fermatosi dichiarò che gli mancavano le forze, non per la stanchezza, ma per l'emozione di veder quel nostro compagno slegato camminare in testa senza che nessuno potesse salvarlo se gli mancava un piede. Già prima che parlasse — essendo io legato dietro a lui — mi ero accorto che camminava meno bene di prima, ed ero un po' in apprensione perchè ci trovavamo su di un pendio inclinato. Questo era un effetto nervoso dell'ansietà sua, e appena si rifece la cordata i suoi muscoli ritrovarono la forza e la sicurezza.

Qui era la paura per gli altri, ma ben più spesso è la paura per noi stessi che ci affatica. Nelle ascensioni quando la corda è d'inciampo perchè si deve passare in mezzo alle pietre, i meno provetti si affaticano subito di più, perchè manca loro un sostegno ed una guida e si sentono soli. Altre volte anche i più forti conoscono nella stanchezza gli effetti della paura. Come quando devono slegarsi, perchè manca il modo di aver presa e di attaccarsi lungo certe pareti, ripide ed uniformi, quando il mal passo di uno trascinerebbe inevitabilmente gli altri alla rovina.

Un caso per me evidentissimo di esaurimento prodotto dalla paura vidi al Breuil, dove il Cervino è come la pietra di paragone degli alpinisti. Un portatore fortissimo il quale aveva fatto parecchie ascensioni sul Monte Rosa e sul Breithorn, giunto a metà del Cervino non potè più andare avanti. Egli mi confessò che stava bene e che era meravigliato di non poter camminare, e che non si sentiva sicuro nè delle mani, nè dei piedi.

Per comprendere la fatica nervosa delle ascensioni, non dobbiamo paragonare questa forma di movimento a quella che uno fa camminando, al moto di uno che sale e scende per una buona strada, magari leggendo senza pensare punto al lavoro delle gambe.

Nell'ascensione appaiono i due fatti fondamentali di ogni atto

volontario. Prima la scelta e poi la decisione. Questo lavoro si ripete ad ogni passo quando il cammino diventa difficile. Dopo il lavòro nervoso della scelta dove uno deve mettere il piede o le mani, viene la decisione a fare quell'atto che si è scelto, e poi viene lo sforzo nervoso per eseguirlo.

Un simile lavoro basterebbe ad esaurirci rapidamente, se gli atti volontari non avessero in noi la tendenza a divenire automatici. Il meccanizzarsi dei processi nervosi è una disposizione felice per la quale si fa una grande economia di forza nervosa. L'ufficio più importante sta per così dire al primo piano, nella corteccia cerebrale, alla superficie delle circonvoluzioni; è qui dove si sbrigano le decisioni più difficili. Quando per molte volte di seguito deve prodursi un lavoro nel piano superiore, la pratica, come si dice negli uffici, scende poco per volta nel piano inferiore, dove si sbrigano gli affari involontari, con minor consumo di energia e con metodi più spicci.

Solo a questo modo si comprende che un lavoro nervoso come quello della marcia ci affatichi così poco, mentre un lavoro esclusivamente cerebrale dopo un'ora ci ha tanto esauriti che non possiamo continuare. Anche i più grandi scrittori e i più fecondi, come ad esempio Zola, scrivono solo un'ora con lucidezza. Dopo, la mente si oscura e il lavoro diventa penoso. Da un'inchiesta medico-psicologica che fece recentemente il dottor Toulouse a Parigi risultò che Zola, il quale scrisse tanti volumi, dopo tre ore è assolutamente incapace di continuare nel lavoro suo di produzione.

Molti credono che nelle gare ciclistiche l'allenatore sia utile, perchè rompe l'aria e diminuisce in essa la resistenza che deve incontrare chi vien dietro, preparandogli per così dire un solco nell'aria rotta. Non è questo l'effetto principale, perchè spesso l'allenatore sta ad una distanza troppo grande. L'effetto utile è quello di levare un dispendio di forza a chi vien dietro e di risparmiare al suo sistema nervoso tutta l'energia che andrebbe dissipata nel lavoro dell'attenzione.

III.

Quanti hanno fatte delle lunghe passeggiate o delle ascensioni, si saranno accorti che dopo mezz'ora od un'ora si cammina meglio. Succede la stessa cosa quando uno esce in bicicletta o si mette al tavolino per scrivere o studiare. È un esaltamento che si produce nel sistema nervoso in causa del moto.

Il nostro corpo rassomiglia a quelle macchine complicate e pesanti, per le quali si perde un certo tempo a metterle in moto, e ci vuole poi dell'altro tempo per fermarle. Tale stato di eccitazione, finchè sta nei limiti fisiologici, è utile. Il letterato che si monta, o, come si suol dire, si scalda i ferri, finisce con lavorare meglio. La leggera emozione del sistema nervoso che serve nei lavori di imaginazione, possiamo anche ottenerla con un leggero esercizio muscolare. Ma una volta che fu rotta l'inerzia del sistema nervoso, le pause lunghe non sono favorevoli al lavoro.

L'inazione e il riposo sono fatali nelle ascensioni. Di due alpinisti quello che lavora mentre soffia il vento freddo e fa gli scalini, è sempre più forte e più coraggioso di quello che gli sta dietro, aspettando per fare un passo. La volontà in questo non giova, bisogna tener calda la macchina perchè la pressione del sangue non si abbassi oltre il limite che genera lo scoraggiamento e la debolezza dei muscoli.

Recentemente il professor Kræpelin dimostrò che un uomo il quale lavori una mezz'ora e si riposi un'altra mezz'ora od anche un'ora, riesce solo una volta in principio a ristabilire la freschezza primitiva della mente, che la fatica si accumula e la disposizione al lavoro va rapidamente diminuendo.

È dunque vero che ogni attività del sistema nervoso produce un leggero grado di esaurimento. Tali fatti passano inavvertiti nelle persone robuste. Solo i deboli se ne accorgono. Chi però studia con diligenza sè stesso, scopre subito il difetto dell'energia e la stanchezza che si accumula lentamente. Io, ad esempio, ogni anno dopo il riposo e lo svago delle vacanze mi accorgo che sono più resistente al lavoro intellettuale. La stanchezza prodotta dal medesimo lavoro scompare più presto in principio dell'anno scolastico che non in fine. Le occupazioni quotidiane del laboratorio, il far lezione, la vita più agitata della città, esauriscono la parte esuberante della forza.

Se presso tutti i popoli vediamo che si interrompe di quando in quando il lavoro, è perchè vi sono molti i quali sentono il bisogno di una breve tregua, per ricostituire il proprio sistema nervoso. Il riposo festivo è indispensabile, perchè il sonno e il riposo quotidiano durante la settimana non bastano per ristorarci completamente delle perdite fatte di energia.

Le prime ricerche fatte sull'uomo per conoscere quanto tempo abbiano bisogno il cervello ed i muscoli per reintegrarsi dopo un certo lavoro, furono cominciate nel mio istituto dal professor Maggiora. Da esse risultò che i periodi di riposo devono essere tre o quattro volte più lunghi, che non siano stati quelli del la-

voro, e che gli sforzi che noi facciamo quando siamo stanchi ci affaticano molto di più, che non sforzi uguali quando siamo riposati. Il lavoro anche leggero che richiede un' attenzione prolungata è il più esauriente della forza nervosa. Istintivamente tutti gli uomini fuggono tale lavoro e preferiscono quelli manuali in apparenza più faticosi, ma che richiedono uno sforzo intellettuale minore.

Kræpelin mostrò che di una notte passata lavorando al tavolino, si conservano a lungo le traccie e che soltanto dopo quattro giorni ritorna la freschezza primitiva della mente [1].

La fatica nervosa è un esaurimento ed insieme un avvelenamento. Consumata una parte dell' energia le scorie inquinano il corpo dando la sensazione molesta della fatica. L' organismo dopo ha bisogno di un tempo più o meno lungo per riparare le perdite e ripulire i tessuti dalla fuliggine del lavoro compiuto.

Chomel, uno dei più grandi clinici della Francia, raccontava che un giorno si presentò alla sua clinica un giovane colla febbre, in stato di grande prostrazione. Chomel esaminatolo con diligenza scrisse sulla tavoletta a capo del suo letto questa diagnosi: *Tifo o vaiuolo incipiente.*

Era un ragazzo venuto a piedi da Compiègne a Parigi in due giorni e che sentendosi sfinito si era presentato allo spedale. Il giorno dopo con grande meraviglia di Chomel la febbre era cessata, e dopo due giorni di riposo l' ammalato erasi già rimesso completamente in forze.

IV.

La fatica fisica può dare un esaltamento nel modo stesso che la fatica intellettuale produce delle allucinazioni. Il primo passo lo vediamo in noi quando dopo una giornata di lavoro intenso stentiamo a prendere sonno.

I grandi lavoratori non scrivono di notte, ma si direbbe che spengono la macchina prima che tramonti il sole. La pressione del sangue a questo modo diminuisce lentamente fino a che possono riprendere il sonno.

Se dopo un lavoro intellettuale o muscolare ci pare di sentirci qualche volta più forti, dobbiamo ricordarci che questa è una

[1] KRÆPELIN, *Hygiene der Arbeit*, pag. 18.

illusione, perchè si tratta semplicemente di una eccitazione artificiale e quasi di una ubbriachezza nervosa incipiente.

Alla Capanna Regina Margherita, nei giorni di burrasca, e quando per la tormenta era più faticosa l'ascensione, le guide e i passeggeri arrivavano così eccitati che parevano brilli. Parlavano forte, con voce concitata, e dopo si chetavano ed assumevano un contegno così diverso che sembrava mutato il loro carattere.

Due volte invece mi capitò di osservare delle persone estremamente stanche che, entrate nella capanna, si sedettero, e dovemmo prestare loro i primi soccorsi, e poi dopo parecchi minuti si svegliarono come da un sogno, guardarono intorno acquistando solo in quel momento piena coscienza di essere con noi. Pensai prima che l'estrema fatica impedisse loro di interessarsi a ciò che avevano intorno; ma uno mi confessò, entrando nella capanna, che proprio non vedeva bene, e mi pregò di esaminargli gli occhi perchè credeva che il gelo gli avesse alterata la vista. Era infatti un giorno di tormenta. Quando arrivò alla capanna era irriconoscibile. Lo vidi cadere dinanzi alla porta che parve una valanga di neve, tanto erano bianchi i suoi vestiti per il ghiaccio e la brina. Intorno alla faccia aveva dei ghiacciuoli alla barba che lo sfiguravano.

Sul Monte Rosa ho veduto un mio collega far delle capriole nella neve, buttarsi supino colle braccia in croce, ridendo e parlando in modo tanto diverso dal suo contegno abitualmente serio, che tutti eravamo in apprensione per il suo stato, sapendo che non aveva bevuto.

Lemercier racconta nella prefazione al libro del Zsigmondy che vide due inglesi gettarsi in ginocchio sulla vetta del Monte Bianco e cantare ad alta voce il *God save the Queen*[1]. Piachaud parla di un alpinista che arrivato sul Monte Bianco si mise a piangere a calde lagrime.

Che non occorra la contrazione dei muscoli per produrre tutti i fenomeni caratteristici della fatica, si vede nelle emozioni profonde, e nell' esaurimento del sistema nervoso che produce la voluttà. L'eccitazione passeggiera nel primo periodo dell'azione nasconde gli effetti della fatica i quali appaiono più gravi nel giorno che segue.

Ogni sforzo prolungato produce un leggero grado di esaltamento, anche negli uomini più robusti. Feré crede[2] che la fatica

[1] E. Zsigmondy, *Les dangers dans la Montagne*. Paris, 1886.
[2] Feré, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1892.

esagerata produca degli eccessi di follia istantanea nei degenerati, negli epilettici e negli isterici.

Nel maggio del 1894 vi fu in Italia la prima corsa nazionale di resistenza, promossa dall'Unione velocipedista. L'itinerario era lungo 530 chilometri. Da Milano passava per Brescia, Mantova, Reggio, Piacenza, Alessandria, Torino. Era una grande fatica che si poteva osservare ed io mi incaricai con alcuni colleghi di ricevere i corridori. Nel locale del Veloce Club si erano preparate delle camere con una ventina di letti, i bagni, la doccia e tutto l'occorrente per fare il massaggio. I due primi che arrivarono percorrendo 530 chilometri in 27 ore, erano in condizioni discrete. Ma gli altri a misura che arrivarono mi persuasero sempre più che il ciclismo fatto a questo modo è dannoso alla salute. La cosa che subito notarono tutti, anche i non medici, fu l'esaltamento di alcuni ciclisti. Uno parlava tanto forte e faceva tale schiamazzo nel letto, ripetendo sempre le storie del suo viaggio, che lo si dovette isolare perchè lasciasse dormire gli altri, e non v'era preghiera o minaccia che valesse a farlo tacere.

A New-York vi fu recentemente una gara in bicicletta che durò sei giorni. Si trattava di un premio di sessanta mila lire. Due disgraziati che presero parte a questo *record* caddero in tale esaltamento che per un giorno furono creduti pazzi.

A questi eccessi può condurre la curiosità feroce del pubblico, che pagando incoraggia tali spettacoli.

V.

Giuseppe Maquignaz mi disse un giorno che nei luoghi pericolosi si deve rallentare il passo per molte ragioni, ma anche per questa che uno si sente subito più stanco. Ammirai l'osservazione sagace di questa guida che penetrava così addentro nella psicologia degli alpinisti. Eppure io credo che la paura sia la emozione che egli ha conosciuto meno. Tyndall parlando di Maquignaz scrisse[1] " è un uomo ad alta ebollizione, il suo sangue freddo resiste alla pressione della paura. „

Il concetto fisiologico espresso dal Tyndall con queste parole, non è tanto lontano dal vero quanto parrebbe dalla forma sua imaginosa. Vi sono degli uomini che bollono ad una temperatura più alta: essi resistono di più al fuoco del pericolo o ci vuole un

[1] J. Tyndall, *Hours of exercise in the Alps*, p. 289.

pericolo maggiore per agitarli. La paura esercita una pressione sul sangue, alla quale Maquignaz sapeva resistere.

La fatica dura tanto più lungamente quanto più fu intensa l'emozione del sistema nervoso. Per le contrarietà e gli accidenti che succedono nelle ascensioni, anche gli alpinisti più intrepidi possono trovarsi improvvisamente paralizzati, quando viene messa in pericolo la vita.

Recentemente leggevo la descrizione che Fitz-Gerald fece delle sue escursioni nelle Alpi della Nuova Zelanda, colla guida Zurbriggen. Erano essi due soli legati alla corda in un luogo pericoloso, quando staccatosi un sasso colpì Gerald nel petto, Zurbriggen ebbe tempo di afferrare la corda che stava piegata presso i suoi piedi, e trattenne Gerald mentre questi precipitava verso l'abisso. Il peso suo era tale che Zurbriggen dovette lasciar scorrere la corda fra le dita per diminuire lo sforzo mentre cercava di fermarsi meglio e prendere posizione in modo da tenerlo sospeso e salvarlo. Tiratolo su e passato il pericolo Gerald disse [1]:

“ Nous nous assimes alors un moment pour nous remettre, car nos nerfs avaient été horriblement ébranlés par cet accident, qui avait été si près de devenir fatal, mais une fois le danger passé nous en sentimes le contre coup; et tous deux, nous restâmes assis près d'une demi-heure avant de pouvoir faire un mouvement. „

Nelle disgrazie può venire uno svenimento, come lo ebbe Gussfeldt che pure è uno dei più intrepidi tra gli alpinisti moderni. Chi non è stato sulle Alpi non riuscirà mai a farsi un'idea della tensione d'animo, degli sforzi muscolari insoliti, e dei pericoli pei quali per delle ore intere sta in repentaglio la vita. Leggendo le relazioni nei giornali alpini si può avere una pallida imagine di questo rapido esaurimento delle forze. Sono delle pareti quasi verticali di rupe che si sgrana dove ciascuno essendo legato cogli altri ha la certezza che non riuscirebbe a tenerli ed è sicuro che un passo falso fatto da uno della carovana trascinerebbe tutti gli altri nell'abisso. E si continua a marciare in questo modo, con la imagine di una morte imminente per ore ed ore.

Questo logorio incessante dell'energia produce un grave esaurimento del sistema nervoso, il quale modifica, il carattere, nè può dirsi che questo in generale migliori. Fatte le debite eccezioni, dopo una grande fatica si è meno gioviali ed allegri. Le persone nervose soffrono di più.

[1] E. A. Fitz-Gerald, *Dans les Alpes de la Nouvelle-Zélande.* Revue de Paris, 1896, N. 19, 567.

Saussure aveva già notato queste cose fino dalla sua prima ascensione al Monte Bianco. “Il nous parut qu'en général nous avions le genre nerveux plus irritable, que nous étions sensiblement plus altérés.„

I ciclisti che corrono faranno diventar proverbiale questo mutamento del carattere. Lo sappiamo dalle invettive e dalle ingiurie che distribuiscono lungo la strada del loro percorso, quando prevedono qualche intoppo. Solo qualche volta gli alpinisti per moderazione scendono al livello dei *recordmen*, ed è quando dopo una marcia faticosa vengono molestati nelle capanne; quelli che disturbano loro il sonno, sono salutati colla medesima buona grazia e gli stessi sacramenti.

VI.

Alcuni anni indietro si scoprì entro un sepolcro della via Appia, un mosaico avente nel centro uno scheletro coricato su delle spine, il quale colla mano accenna al motto celebre: *conosci te stesso* [1]. Quel mosaico fatto con pietruzze bianche e nere, ha un significato profondo. Le parole tolte dal frontone del tempio di Delfo messe sotto uno scheletro, aquistano un senso diverso di quello che loro diedero i filosofi antichi. Quell'immagine parve a me che rappresentasse la fisiologia. Infatti è il destino della fisiologia di approfondirsi tanto collo sguardo sotto la pelle da non vedere più che lo scheletro e l'impalcatura della nostra fabbrica: di analizzare così minutamente le funzioni, che il pubblico rimane impaurito anche delle cose più naturali.

Scrivo ora le pagine più tristi del mio libro. L'alpinista ha più d'ogni altro il bisogno di conoscere sè stesso, e deve meditare queste pagine terribili. Il dolore mio e degli amici nel ravvivare ricordanze luttuose, trova un conforto nella speranza che qualcheduno troppo intrepido possa salvarsi da una catastrofe.

Al periodo di eccitamento più o meno avvertito che descrissi, segue la depressione. L'indifferenza segna il principio di questo nuovo stato del sistema nervoso.

Tyndall espresse colla più grande chiarezza questa condizione psichica, quando parlando della sua ascensione al Weisshorn disse: “Nella fatica eccessiva diventiamo più ottusi, e siamo

[1] Ersilia Caetani-Lovatelli, *Thanatos*. Memorie dell'Accademia dei Lincei, 1887, vol. III, pag. 62.

qualche volta come istupiditi dagli sforzi continui e ripetuti; io ero in questo stato, e dovevo vigilare su me stesso perchè l'indifferenza non diventasse negligenza. „

L'indifferenza può arrivare fino al disprezzo della vita. Mi ricordo una volta di aver pregato con insistenza le guide, perchè mi lasciassero sulla neve. Le proteste e le minacce dei colleghi che mi alzarono a viva forza mi parevano cosa crudele. Promisi di partire, purchè mi lasciassero ancora disteso alcuni minuti sulla neve. In quel momento la morte non mi spaventava, mi pareva anzi un sollievo e non ho più dimenticato quel momento strano della mia esistenza.

Questa indifferenza profonda per sè e per gli altri, credo sia uno dei fattori più gravi degli accidenti alpini. Gli atti di eroismo e il disprezzo della vita quali si ammirano in molti soldati nelle battaglie, sono assai più l'effetto naturale della stanchezza che non del valore.

Mi assicurai spesso studiando la psicologia dei miei compagni di cordata che dopo una grande fatica, anche i più cauti divengono meno prudenti. Le guide in testa non sondano più il terreno colla picca adoperando la medesima circospezione che usavano il mattino. Benchè tutti sappiano che nelle discese i passi sono più pericolosi, pochi badano quando la fatica è grande a tenere la corda tesa con eguale premura.

Le catastrofi non succedono sempre nei luoghi più difficili: ma in quelli dove venne superato poco prima un grave pericolo. Le disgrazie frequenti in luoghi relativamente facili, si devono all'esaurimento nervoso che è costato il passo precedente e all'indifferenza che ne succede, la quale spesso ci rende imprudenti e meno avveduti.

Il ciclismo essendo diventato una professione ed uno spettacolo vediamo svolgersi questi fenomeni della fatica e raggiungere un grado anche più grave che non sia nelle ascensioni. L'indifferenza e l'apatia sono uno dei primi fenomeni che si manifestano anche nei ciclisti e dopo cadono in uno stato che rassomiglia all'ipnotismo. Tissié in un lavoro recente su di un *record* velocipedistico disse: " L'état psychique d'un coureur, se rapproche beaucoup de l'état de subconscience hypnotique. „ Se uno pensa ai suoi ricordi alpini non gli sarà difficile di trovare le traccie di questo fenomeno. A me capitò parecchie volte di vedere dei compagni che nelle grandi fatiche si trovavano come in uno stato di suggestione.

Questo ci spiega perchè malgrado l'indifferenza e l'apatia si continui a camminare. Queste persone non si arrestano, e spesso

vengono come svegliate dal vento freddo, o da un passo pericoloso o semplicemente difficile.

Molti avranno letto con meraviglia nei giornali che alcuni celebri corridori di bicicletta scesi a terra erano incapaci di camminare, mentre che risaliti sulla bicicletta ripartivano con la velocità di prima. Basta questo fatto per mostrare quanto la fatica modifichi profondamente le funzioni del sistema nervoso.

Diamo un'occhiata fuggevole a questo fenomeno dell'automatismo, il quale facilita il nostro moto nelle ascensioni, risparmiando l'energia nervosa. Sarà capitato a qualcuno dei miei lettori di dormire camminando. Ricordo quando ero medico militare di aver fatto parecchi chilometri dormendo cogli occhi chiusi tenendomi colla mano ad un carro dell'ambulanza. Quanto più si continua a fare un movimento altrettanto diviene più facile e finalmente può farsi in modo affatto indipendente dalla volontà. Dopo centinaia di chilometri fatti in bicicletta la contrazione dei muscoli si è compiuta tante volte, che basta un debole stimolo nervoso a produrla. Nei centri del midollo dove si origina l'impulso, basta che arrivi un debolissimo cenno del cervello. Per altri movimenti volontari essendosi esaurita la forza nervosa, occorre invece uno stimolo più forte.

L'automatismo è una funzione assai più vasta nella nostra fabbrica di quanto non si creda. Occorre che sia depressa la funzione del cervello perchè si scopra che certe funzioni del nostro organismo si compiono in modo incosciente, quando è scemato e quasi scomparso il potere della volontà.

L'alpinista non dimentichi mai che può diventare un automa, per effetto della fatica, quando non è più il cervello che gli dà l'impulso a camminare, ma una potenza cieca e incosciente. Come Tyndall, egli abbia paura della sua indifferenza che non è più figlia del coraggio, ma è l'espressione di un fatto patologico dovuto all'esaurimento nervoso che abolisce la coscienza del pericolo.

VII.

Ho già descritto nel mio libro sulla fatica come si indebolisca la memoria nelle ascensioni, e raccontai l'esempio di un mio collega professore di botanica, che nel salire in alto perdeva a poco a poco la memoria dei nomi delle piante a lui note, e che la ritrovava scendendo. L'indebolimento della memoria è un fenomeno

costante nella fatica delle ascensioni. Saussure dice che scendendo dal Colle del Gigante non trovava più le parole per esprimere il suo pensiero.

La diminuzione della sensibilità nelle mani è creduta generalmente un effetto del freddo, e lo è in gran parte: ma anche se uno avesse le mani calde, toccando le punte di un compasso troverebbe che la sensibilità è diminuita. Ho provato in me ed ho confermato le ricerche di Kræpelin che non solo per il lavoro intellettuale, ma anche per la contrazione dei muscoli, diminuisce la sensibilità. Questo studio è ancora tutto da farsi come pure è ancora da studiare il senso muscolare nella fatica.

Kræpelin fece delle esperienze colle addizioni; e coll'ergografo le fece Keller: Griesbach studiò col compasso la sensibilità e vide che quanto più era stato grande lo strapazzo del cervello, altrettanto era minore la sensibilità della pelle.

Vi sono dei momenti nelle ascensioni che bisogna togliersi i guanti, perchè solamente le dita possono afferrare bene la roccia e aggrapparsi alle fessure. Malgrado che il freddo diminuisca la sensibilità, le dita che devono staccare la crosta del ghiaccio o penetrare dentro la neve per assicurarsi se la roccia resiste, diventano presto dolenti. Le unghie si rompono perchè il freddo le rende più fragili. La forza colla quale agisce il sistema nervoso sui muscoli è così grande che avviene la contrattura, e la volontà non riesce più a distendere le dita che rimangono contratte ad ogni sforzo, senza potersi dopo rilasciare con sufficiente prontezza.

Anche nel senso muscolare succede un mutamento per la fatica. Sono fenomeni fino ad ora poco studiati. L'andatura caratteristica delle persone molto stanche, che descrissi in un capitolo sulle marcie nel mio libro sull'educazione fisica, quell'andatura pesante che hanno tutti dopo una lunga marcia, dipende in parte da ciò, che noi sentiamo meno bene il terreno. Ho fatto spesso attenzione e mi accorsi che col piede non si avvertono più con sicurezza le ineguaglianze del suolo. La resistenza che oppone la roccia, la certezza di aver fermo il piede, al mattino, quando uno è fresco, si giudicano istintivamente ed in un attimo. Quando si è stanchi, alla sera, compare una difficoltà nuova e talora fatale, perchè il piede scivola e sdrucciola in causa della sua insensibilità, e perchè il senso muscolare è divenuto più ottuso.

Il meccanismo col quale stiamo in piedi e camminiamo, è una delle cose più complicate che siano nella fisiologia. Ho già accennato che molte ruote di questo congegno funzionano in modo affatto indipendente dalla volontà. L'indipendenza della loro funzione è tale che neppure la volontà può modificare il corso di

questi movimenti. Per convincersene basta guardare come una persona cammina quando scende dalla bicicletta dopo aver fatto una corsa anche non molto lunga. Il modo di muovere le gambe e di fare i passi è diverso di quello che sia generalmente, e non si riesce, per quanto uno voglia, a riprendere l'andatura normale. Se alla fine di un'ascensione si potesse levare immediatamente ogni traccia della fatica dai muscoli, ci accorgeremmo di avere un'andatura diversa di quella che abbiamo abitualmente. Sono sensazioni cutanee, ma più specialmente nei tendini e nelle articolazioni e nei muscoli quelle che modificano l'andatura.

Si chiama ipoestesia di movimento il fatto che noi per produrre un movimento leggero, imprimiamo un movimento sproporzionato alle articolazioni. Quando diminuisce la sensibilità della pelle, diminuisce pure la sensibilità del movimento; questo prova che è periferica e non centrale la sensazione del movimento. Non vi è una innervazione di sensibilità centrale che accompagni dall'origine l'impulso motorio. Appena uno mette un piede in fallo è anche minore l'attitudine a raddrizzarsi, a correggere la posizione e scampare dal pericolo.

L'ottusità si estende poco per volta a tutti i nervi sensibili. L'occhio stesso non distingue più con eguale penetrazione la forma e la distanza delle cose.

Parrot aveva già fatto questa osservazione nel suo viaggio sul Caucaso in principio del secolo; e Tyndall parlando del Cervino scrisse: “È possibile che la fatica grande dell'ascensione mi abbia fatto vedere le cose in modo diverso di quel che sono in realtà.„

L'acutezza della vista diminuisce, e anche il senso della luce. Così che declinando il sole, chi è molto stanco vede immediatamente più buio di uno che non sia stanco. Questa ottusità nel senso della luce limitando il campo periferico della visione, impedisce a chi cammina di vedere egualmente bene i piedi, se non fa molta attenzione.

Certo la vista è alterata dopo una grande ascensione. Ho fatto l'esperienza su di me, che le cose bianche appaiono più vicine e le nere più lontane. Si altera la conoscenza del rilievo. Un piano di neve, un sasso bianco, un filone meno scuro, prendono una sporgenza che non hanno.

VIII.

La fatica eccessiva può produrre la morte.

Fino dall'infanzia abbiamo saputo che dopo la battaglia di Maratona un soldato corse tanto per annunciare la vittoria di Milziade, che appena toccò le porte di Atene cadde morto. Un caso simile è succeduto or è poco in un gara fra touristi, in un così detto *record*.

Sulle Alpi sono più temibili gli effetti dell'esaurimento, perchè alla fatica si aggiungono la rarefazione dell'aria e le intemperie. L'alpinista ha sul tourista lo svantaggio che non può fermarsi dove e quando vuole, se si accorge che gli vengono meno le forze.

Due difficoltà rendono incerto lo studio dell'esaurimento nelle persone nervose. La prima è che non conosciamo quanto di energia disponibile posseggono. Sono gente che si mettono in viaggio senza sapere che cosa hanno nel portafoglio, per servirmi di una espressione imaginosa. La seconda è che non si conosce l'entità delle spese che fanno mentre viaggiano. Non c'è da meravigliarsi che succedano loro incidenti gravi anche in un viaggio non lungo.

Esaminiamo questo garbuglio dove s'intravede che gli isterici, le persone nervose, i deboli e gli affaticati, possono qualche volta cadere in un errore fatale di contabilità fisiologica.

La fatica produce come primo effetto un eccitamento, il quale genera poi l'errore di credersi più forti. Anche chi è brillo si crede più forte per l'eccitazione dell'alcool, ed è invece più debole e meno resistente alla fatica. Spesso le persone nervose si conoscono per la grande passione che hanno per gli esercizi sportivi; il fisiologo pensa che in esse l'eccitamento della fatica sia più facile ed intenso che nelle persone robuste. Quando il medico sente qualcuno il quale dice: a me occorre molto moto per star bene, non se ne rallegra subito, ma pensa prima se la sensazione di benessere cercata nella fatica stia nei limiti fisiologici. Disgraziatamente è questo un campo oscuro della medicina, perchè la macchina nostra si ferma e cigola solo quando è logorata.

L'eccitamento prodotto dalle scorie della fatica ci impedisce di conoscere quanto possediamo ancora di potenziale nervoso. La cosa più grave è che noi intacchiamo col lavoro delle provviste di energia, e le consumiamo giorno per giorno, senza sapere quanto ce ne rimanga e quanto ne ripariamo col riposo. Quelle persone che si avvicinano di più alla bancarotta sono disgrazia-

tamente quelle stesse che più godono l'eccitazione nervosa prodotta dalla fatica. Esse la cercano con più desiderio, come il morfinomane, il quale si serve della morfina non per dormire, ma per eccitarsi. Ciascuno pensando alle sue conoscenze si rammenterà di alcune persone gracili, specialmente nervose ed isteriche, che si vantano di non aver mai saputo che cosa sia la fatica.

Tissié con grande competenza ha studiato recentemente la fatica nei soggetti deboli ed affaticati [1]. Egli ricorda come il medico e l'ammalato sono spesso tratti in errore da questo paradosso fisiologico: perchè si raccomanda al malato di fare del moto per consumare la forza esuberante, mentre che la razione dell'esercizio fisico è già eccessiva e si dovrebbe invece prescrivere il riposo. Féré [2] dimostrò che la fatica nervosa e le emozioni profonde ci rendono più vulnerabili agli avvelenamenti. La fatica dei muscoli è pure un avvelenamento.

Strana e temibile condizione questa dei deboli.

Il loro corpo rassomiglia ad un'azienda o ad una casa commerciale, dove il cassiere, che è il sistema nervoso, non avverte il padrone nè delle somme che tiene in cassa, nè delle perdite continue che va facendo la casa. Gli affari vanno innanzi senza che sia mai possibile fare un bilancio; l'allegria e lo sperpero crescono fatalmente, quanto più si è vicini alla bancarotta.

IX.

Come esempio fatale di questi errori nell'apprezzamento delle proprie forze, cito la morte avvenuta l'anno scorso in un'altezza di 2100 metri, di Raffaello ed Alfonso Zoja, figliuoli del professore di anatomia nell' Università pavese. Raffaello Zoja benchè giovane era già conosciuto come un cultore eminente delle scienze biologiche, un ricercatore appassionato che, comprendendo i lati nuovi della scienza, trovò nuove vie per la ricerca del vero. Alfonso era un'anima gentile che nel Laboratorio del professor Golgi, isolato dal mondo, assorbito nella contemplazione della natura, aspirava a continuare la tradizione gloriosa del suo avo, il celebre anatomico Panizza.

[1] Ph. Tissié, *La Fatigue chez les débiles nerveux ou fatigués.* Revue scientifique, novembre et décembre 1896.

[2] Féré. Société de biologie, 25 juillet 1885, p. 497. — *Influence des agents physiques et des chocs moraux sur l'intoxication.* Société de biologie, 19 ott. 1895.

Nel parlare della loro morte che rimarrà per sempre ricordata con terrore negli annali dell' alpinismo, sento il dolore profondo di un amico che saluta la memoria di due giovani carissimi nei quali l'Università di Pavia e la scienza, avevano, più che la speranza, la certezza di uno splendido avvenire.

Il dottor Filippo De Filippi, mio discepolo ed assistente della clinica chirurgica di Bologna, loro compagno di sventura in quella tristissima giornata, scrisse una lettera che riproduco come ricordo del comune cordoglio.

" Bologna, 3 dicembre 1896.

" *Caro Maestro,*

" Ho voluto lasciare passare qualche tempo dalla disgrazia che Ella mi ha domandato di analizzare pel suo libro, sperando che si attutisse in me la violenta impressione morale provata allora e dopo, innanzi allo strazio della famiglia infelicissima. Ma ancora oggi provo un turbamento tale nel ripensare a quelle ore che non può a meno di riuscire dannoso ad un giusto apprezzamento e ad una analisi critica rigorosa dei fatti.

" Faccio precedere alcune note sulle condizioni fisiche e sul passato dei due giovani, fornitemi dal loro fratello, dottor Luigi Zoja. Il primo, Raffaello, di 27 anni, era un giovane alto, magro, biondo, con viso un po' emaciato, quasi ascetico, dai tratti affinati, con espressione dolce, sempre serena. Una testa da studioso, su un corpo non molto sviluppato, senza che però si potesse dire esile. Non aveva cardiopatie: nel 1892-93 aveva sofferto una forma dispeptica gastro-intestinale con fenomeni nervosi esplicantisi in una facile stanchezza cerebrale che gli rendeva impossibile un lavoro mentale prolungato. Questi scomparvero col guarire dei disturbi digerenti, e nel '94 godeva di nuovo buona salute. Ebbe però in quest'anno una forma di intossicazione gastro-intestinale, di origine rimasta oscura, insorta acutamente con vomito, accompagnata da fenomeni di sincope allarmanti che durò pochi giorni, e dalla quale si rimise prestissimo. Nel '95 tutti e tre i fratelli s'ammalarono di scarlattina, una forma benigna, senza complicazioni renali. Raffaello faceva da anni escursioni alpine coi fratelli, salì ripetutamente fino ai 3000 metri, una volta a 3600 metri senza provare mai nessun disturbo. In una sola salita, fatta dopo aver ballato fino alle 2 antim., senza aver riposato nella notte, ebbe vicino alla punta (2400 metri) adinamia fisica generale con marcata apatia morale. Potè però compiere il poco che rimaneva di salita e guarì subito nella discesa. Il fratello Luigi crede si sia

trattato di mal di montagna. Quest'anno avevamo salito tutti assieme altre due punte della Valle Vigezzo di pochi metri più alte del Gridone senza che vi fosse stato il minimo accenno di sofferenza. In nessuna salita avevano i Zoja sperimentato il cattivo tempo con la tormenta. Aggiungo che Raffaello era particolarmente sensibile al freddo.

" Il secondo fratello Alfonso, diciannovenne, piuttosto esile fino all'età di 17 anni, s'era dopo sviluppato rapidamente. Era un ragazzo ben conformato, magro ma di aspetto robusto, molto agile. con un assieme di ginnasta. Non aveva avuto altra malattia che la scarlattina di cui ho fatto cenno. Da due anni compagno ai fratelli nelle passeggiate alpine, era salito fino ai 2800 metri senza avere mai provato nessun disturbo. Malgrado la magrezza, forse in relazione col rapido sviluppo, mangiava molto e s'era usi a scherzarne sempre fra noi.

" La sera del 25 settembre, combinata ogni cosa per la gita, verso le 9 e mezzo Raffaello e Alfonso si misero a letto per riposare un paio d'ore. Da più giorni non s'erano fatte salite, e in quella giornata avevano fatto una semplice passeggiata non faticosa. Alla mezzanotte, dopo la solita colazione, si partì con tempo bellissimo. Per quattr'ore e mezzo camminammo quasi al piano, costeggiando il torrente, tutti del solito buon umore, portando lo zaino ben fornito un' ora per ciascuno, come s'era fatto sempre le altre volte. Poi in un'ora e mezzo di salita non faticosa, raggiungemmo l'ultimo Alp o Malga (1200 metri). Erano le 6 antim., e si fece il primo spuntino: pane, ova e cacio bevendo thè. Non avevamo vino con noi, i Zoja erano astemii ed io pure in montagna preferisco thè o caffè. Dopo mezz'ora si riprese la via, e alle 8 eravamo ai piedi della arrampicata, quella che doveva essere la parte divertente della passeggiata. Presi lo zaino, e da quel momento lo tenni sempre io, non che i compagni apparissero stanchi, ma per evitar loro il senso di squilibrio che esso dà nell'arrampicata, e rendere questa più sicura. La salita fu quasi una delusione, certo non più difficile delle altre fatte assieme quell'anno, e trovammo che non metteva conto di andare così lontano per così poco. Il tempo era sempre bello, con poche nubi sulle catene più lontane, da Nord soffiava una leggera brezza non sgradevole. Verso le 11 a un tratto una folata di vento ci avvolse in una nebbia trasparente e cominciò a cadere interrottamente una fina gragnuola. Un capriccio di vento che durò forse meno di 15 minuti, dopo il quale tornò a splendere il sole. Noi, già vicini al sommo, non vi badammo, e poco prima di mezzogiorno eravamo sul crestone terminale delle Roccie di Gridone (m. 2100 circa).

La salita si poteva dire fatta, e sedemmo tranquillamente per far colazione e goderci il panorama. Sapevamo di dover solo superare tre spuntoni poco più alti della cresta, di percorso facile, per arrivare al sentiero della Bocchetta di Fornale e alle malghe sottostanti di Val Cannobina, un cammino di quattro ore al più. Mangiammo tutti tre, ma non saprei dire ora se i Zoja mangiassero meno del solito. Certo erano del solito umore, non mi erano parsi stanchi neppure nell'ultimo tratto di salita, ed io non ebbi fino allora il più piccolo sospetto che fossero in condizioni anormali. Le è noto come si levasse improvviso un temporale dal Nord mentre eravamo seduti, senza che avessimo tempo di renderci conto che il tempo cambiava. In meno di dieci minuti fummo avvolti da una nube densa che ci toglieva la vista a pochi metri di distanza, e cominciò a nevicare fittamente, a grosse falde, che imbiancarono rapidamente la roccia, e dopo un quarto d'ora l'avevano ricoperta di quasi un palmo di neve. Il vento, fattosi forte, sbatteva furiosamente il nevischio, tormenta per me affatto nuova a quell' altezza, certo, dato il sito, di una violenza eccezionale. A nessuno di noi venne in mente di ridiscendere la ripida parete per la quale eravamo saliti: ripresi lo zaino e ci avviammo. Subito ai primi passi notai che s'andava adagio, che i miei compagni avevano il passo incerto e malsicuro: pensai che fosse l'effetto del vento che rende malagevole il percorso delle creste a chi non vi è abituato, e consigliai a Raffaello che mi seguiva primo di camminare carponi se non si sentiva sicuro. Allora badavo più che a loro, alla corda, per non lasciarli scivolare. Dopo neppure mezz'ora Raffaello mi domandò di fermarsi un po' perchè il vento gli troncava il fiato. Allora mi accorsi che stavano male tutti e due, e che la marcia stentata non era solo l'effetto dell' impressione morale del temporale. Erano pallidi, battevano i denti, accusavano nausea e un po' di mal di capo, erano apatici, muti ai miei scherzi e alle mie sollecitazioni, con passo e movimenti fiacchi, senza energia, non dicevano di aver paura, ma di essere stanchi, e che se li lasciavo riposare un po' avrebbero camminato meglio. Allora cominciò una lunga lotta, cercando io con ogni mezzo di tirarli innanzi, di impedire che si fermassero ogni momento, e il proseguire divenne tormentoso per tutti. Le pareti che divallavano a destra e a sinistra erano ripide, e si doveva camminare uno alla volta per la necessità di sorvegliarli in ogni loro passo. Procedevamo assieme solo nei tratti in cui potevo camminare su un versante facendo procedere loro sull' altro, colla corda a cavallo della cresta.

" Alle 4 pom. avevo perduto ogni speranza di raggiungere il

colle prima di notte. Il tempo continuava a imperversare, avevamo percorso poco più di un terzo di cresta, e, senza prevedere ancora la catastrofe che ci sovrastava, capivo che i miei compagni, malati, in quello stato di inerzia fisica e morale, erano nelle condizioni peggiori per passare una notte nella neve. Allora mi decisi a tentare una discesa diretta per un canalone della parete di Val Cannobina. Avevamo neve oltre il ginocchio, e si scese adagio, i Zoja innanzi, io dietro trattenendoli colla corda, perchè scendevano più a scivoloni che con mani e piedi come avrebbe richiesto il sito. In mezz'ora ci abbassammo di un 60 a 70 metri dalla cresta, quando un salto verticale di roccia ci tagliò la via. Mi slegai e per un quarto d'ora cercai un passaggio nel canalone e sulle pareti laterali di esso, ma inutilmente: non si poteva scendere neppure a voler fare un'imprudenza, e si doveva tornare sulla cresta: il canale era ripido, e se i miei compagni camminavano a stento ora, sarebbe stato peggio dopo la notte che ci aspettava. Cedendo alle mie insistenze tentarono di mangiare qualchecosa, ma la nausea faceva loro sputare i bocconi mezzo masticati: bevvero un sorso di thè, e molto a malincuore ripresero la salita. Durò poco più di un' ora, ma in quelle condizioni parve eterna. Ricalcammo la cresta a notte fatta (6 pom), in un punto alto circa 2100 metri. In pochi minuti trovai uno spiano di roccia largo un paio di m. q., un po' sotto la cresta, riparato dal vento, ma non dalla neve, e ci fermammo. Ai Zoja si leggeva in viso evidente la soddisfazione di non dover più camminare.

" Raffaello m'inquietò subito, era seduto, inerte, cogli occhi aperti e un po' fissi. Non tremava, nè batteva i denti come me e Alfonso, non parlava se non interrogato, diceva che ora stava bene, *che non aveva più freddo.* Respirava regolarmente e aveva il polso un po' rapido, piuttosto piccolo, ritmico e moderatamente depressibile. Alfonso appariva stanco, apatico anche lui, ma evidentemente non era nelle condizioni d' esaurimento del fratello. Bevvero il po' di thè che rimaneva. I fiammiferi ci s' erano inumiditi in tasca, e non potemmo accendere la lanterna, nè servirci della macchina per il caffè. — Tentai di nuovo, ma inutilmente di far loro mangiare qualche cosa. Quasi subito cominciammo il massaggio a Raffaello, Alfonso agli arti e io al tronco, forzandolo a parlare perchè non s' addormentasse. Continuava a nevicare colla stessa violenza, e ogni tanto Alfonso ed io scuotevamo la neve dalle spalle: dovevamo avere 1-2 gradi sopra zero. Raffaello peggiorava poco a poco, insensibilmente: me ne accorgevo dalle risposte che venivano tarde, dalla neces-

sità di ripetere più volte le domande; il polso si faceva più frequente. A un certo momento, dopo che gli ebbi ripetuto una domanda parecchie volte, gridando, mi guardò in viso con un'aria stralunata e disse adagio: “ *Non capisco* „. Allora ripresi il massaggio con neve, praticando frizioni energiche sul petto e sul dorso. Ogni tanto Alfonso ed io ci si fermava qualche minuto, stanchissimi. Io badavo poco a lui, batteva sempre i denti dal freddo, e parlava poco: pareva perfettamente cosciente, ma non si accorgeva della gravità dello stato del fratello. A mezzanotte, colla stessa rapidità colla quale era insorto, il temporale si dileguò e in pochi minuti rivedemmo il cielo stellato e la luna splendida. Cominciò subito a gelare, e credo che la temperatura fosse piuttosto bassa dalla rapidità colla quale si formavano stalattiti di ghiaccio sulla roccia. Avevamo forse 6-7 gradi di freddo, ma è difficile rendersene conto esatto così bagnati e stanchi, in mezzo a neve ghiacciata. Dopo poco Alfonso notò che il fratello non rispondeva più affatto alle domande, gli dissi che era il sonno e che continuasse il massaggio forte. Serviva a poco, oramai, sugli arti, ma era un mezzo per tener desto Alfonso, dandogli una reazione contro il freddo. Oramai credo vi fosse incoscienza completa; aveva polso filiforme, rapido, respiro ancora regolare, nessun sussulto: sollevando un braccio ricadeva come in paralisi flaccida, nessuna reazione agli stimoli esterni, sguardo fisso, quasi vitreo. Cominciò a dire qualche parola senza senso, pronunziata a mala pena, in un delirio tranquillo che durò poco. Verso l'una mi parve che il respiro si rallentasse, facendosi meno regolare. Allora lo coricammo sul dorso (era stato sempre seduto appoggiato alla roccia, per essere più riparato dalla neve), e cominciammo la respirazione artificiale continuando le frizioni sul torace. Alfonso taceva e io non osavo guardarlo in faccia — ma non capiva ancora.... Si durò così un' altr' ora. A un tratto sentii la pelle del malato coprirsi di sudore, e quasi subito il rilasciamento completo della morte: il cuore s'era fermato prima, dopo potei ancora sentire il torace sollevarsi in inspirazione attiva. Erano le 2 antimeridiane.

“ Alfonso non se n' era accorto e fece ancora qualche movimento di respirazione artificiale. Poi sentì le braccia del fratello irrigidirsi nelle sue mani e le lasciò domandando subito esterrefatto “ *È morto?* „ Chinai il capo, e cominciò a piangere silenziosamente, senza singhiozzi, ripetendo ogni tanto “ Povero Jello! „ Rimisi a stento il corpo già rigido contro la roccia, riparato in parte da un piccolo vano e cercai di vincere l' amarezza angosciosa dell'animo per pensare al superstite. Coll'immobilità aveva

sentito subito acutamente il freddo, e si accoccolava contro di me che gli facevo percussioni e frizioni al tronco. Non lo potevo decidere a nessun movimento attivo. Non aveva coscienza seguita e completa. A intervalli ripeteva il nome del fratello piangendo, senza però quello strazio nel dolore che avrebbe provato in condizioni normali. Piangeva quasi come un bambino, rassegnato, era più un lamento che una disperazione. Poi lo riprendeva il senso del freddo, tremava, e si premeva contro di me dicendomi di continuare le frizioni. La luna rischiarava tutto di una luce brillantissima, mancavano più di tre ore al giorno, e pensai di sfuggire la vista angosciosa del cadavere e il freddo riprendendo la via, anche lentissimamente, ma non mi fu possibile far stare Alfonso in piedi. Tentando di alzarsi sorretto da me, le gambe gli si piegavano sotto come paralizzate. E mi rassegnai a riprendere la lunga attesa inerte. Non ero molto inquieto: lo vedevo stanchissimo, coll'inerzia morale del mal di montagna, mezzo istupidito dalla disgrazia atroce, intirizzito dal freddo, ma speravo che fra poche ore il giorno e il tepore del sole gli avrebbero permesso di muoversi di là: dopo, passo passo avremmo raggiunto il sentiero che era la salvezza. Alle 6 incominciò ad albeggiare, ma l'Alfonso era sempre nelle stesse condizioni. Allora come ultimo tentativo spazzai alla meglio la neve da un tratto di roccia, lo feci coricare e gli dissi di provare a dormire un po'. Coll'alba rincrudiva il freddo, ed io mi distesi sopra di lui sorvegliandolo attentamente. Si addormentò quasi subito d'un sonno normale, non soporoso, ma abbastanza profondo, malgrado la posizione incomoda e l'ostacolo che il mio peso gli faceva al respiro. Dormì quasi un'ora, e si svegliò da sè verso le 7, a giorno fatto. Ottenni che mangiasse due ova, e alle 7 30 potè mettersi in piedi e partimmo. Camminava come un ubbriaco, scivolando a tutti i passi, io stesso non ero molto franco sulle gambe, ma rapidamente col moto riprendevo elasticità e sicurezza. Alfonso invece pareva sempre sfinito, e non m'accorgevo che la temperatura mite migliorasse le sue condizioni. Dovetti concedere fermate ogni pochi minuti, e queste si allungavano sempre più, cosicchè in due ore facemmo la strada che si sarebbe percorsa normalmente in un quarto d'ora o poco più. Eravamo al piede, appena un 20 metri sotto l'ultimo spuntone che ci separava dal colle, e Alfonso era seduto da parecchi minuti, e resisteva alle mie preghiere perchè facesse un ultimo sforzo. Batteva di nuovo i denti: per un po' rispose alle mie insistenze dicendo di lasciarlo riposare ancora, poi non parlò quasi più, sebbene capisse quello che gli dicevo. Si sentiva stanco,

nient'altro. Sedetti vicino a lui, e gli parlai del fratello, cercando di scuoterlo da quell'inerzia. Mi disse " quando saremo a Finero (grossa borgata di Val Cannobina), telegraferemo a Gigi e lo aspetterò per tornare a casa con lui „ ; frase che dice meglio di qualunque descrizione l'incoscienza completa del proprio stato. Io ero inquieto, cominciava il ritardo nelle risposte, era evidente un accasciamento fisico grave, lo vedevo così esaurito che non sapevo come avrebbe potuto resistere altre due ore. Ricominciai le insistenze per muoverlo di là e m'accorsi presto con angoscia che non lo poteva più. Non mi restava che un appiglio, farlo scivolare in basso per uno stretto camino di roccia pieno di neve con un pendìo ripidissimo, che divallava a due passi da noi. Ottenni da lui, ancora cosciente, che si trascinasse fin là, aiutato da me, e cominciai a lasciarlo scivolare seduto nella neve, dicendogli di trattenersi il più che poteva colle braccia. Quando non ebbi più corda (eravamo legati a circa cinque metri di distanza), mi misi io pure nello stretto canale. L'avevo di peso alla cintura, poichè mi occorrevano le due mani per trattenere me e lui servendomi degli appigli rocciosi, fortunatamente solidi e abbondanti delle pareti laterali del camino. Scendemmo così con precauzione un 50 metri; a un tratto io, che in quel momento scendevo di fianco, sentii mancare la tensione della corda e volgendomi vidi Alfonso carponi, quasi coricato, che annaspava colle mani nella neve. Lo chiamai senza risultato, mi slegai fissando il capo della corda a uno spuntone di roccia, e scesi rapidamente fino a lui. Era inconscio, con respiro lento, polso piccolo e rapido. Dovevano essere le 10 antimeridiane. Gli feci il massaggio con neve, mezzo istupidito dalla fatalità che s'era legata a noi. Dopo circa un'ora morì tranquillamente, senza scosse, con un rallentarsi progressivo del respiro, mentre il polso si faceva più piccolo e rapido. Mi sentivo esausto, e risalii quasi subito fino alla cresta donde in mezz'ora raggiunsi il sentiero. „

X.

Fino a che durerà la fisiologia della fatica saranno ricordate queste pagine del dottor De Filippi, perchè nella storia delle Alpi vi sono pochi avvenimenti più tragici. Fra le relazioni che scrissero gli alpinisti, poche eguagliano questa per la sagacia e il sangue freddo che traspare dalla profonda e fedele sua osservazione

dei fatti, nessuna supera questa per la novità di una sventura quasi sovraumana.

Il meccanismo della morte improvvisa è forse una delle parti meno conosciute nella patologia, perchè spesso non è possibile per riguardi alla famiglia di fare l'autopsia in questi casi disgraziati. Alcune infiammazioni parziali del muscolo cardiaco passano inavvertite. I tendini ed i muscoli che vanno al bordo delle valvole nel cuore si alterano senza che ce ne accorgiamo perchè sono insensibili, e poi improvvisamente si rompono, in uno sforzo, od in una emozione grave e ne segue la morte.

Assai più spesso come in questo caso è la paralisi del cuore la quale produce improvvisamente effetti mortali. Tutti sappiamo che il cuore batte più forte e più rapido quando ci coglie una forte emozione. Vi sono di quelli che nell'abbattimento di una grande sventura sentono una oppressione come se loro mancasse il fiato. Il sospiro è una inspirazione profonda che noi facciamo nel dolore per rimediare alla respirazione difettosa e insufficiente. Quando mettiamo degli animali sotto una campana pneumatica e rarefacciamo l'aria cadono sonnolenti, e mentre dormono di quando in quando fanno delle respirazioni più profonde. Ho già detto come durante il mio soggiorno nella Capanna Regina Margherita, ho veduto che alcune persone e un cane sospiravano profondamente tutto il giorno.

Vi sono delle donne che spesso svengono per la semplice notizia o la vista di un accidente, per un rumore inaspettato. È probabile che anche in questi casi il cuore sia paralizzato per un difetto di innervazione centrale, dovuto al rapido esaurimento che l'emozione ha prodotto nei centri nervosi.

Che le emozioni rendano più debole il cuore, me ne accorsi in un lutto domestico, per me gravissimo, che mi ha colpito in questi ultimi anni. Salendo le scale della mia casa, sentii per la prima volta che ero obbligato a rallentare il passo od a fermarmi perchè mi mancava il fiato. Il polso era affrettato, e sentivo la palpitazione del cuore. Era un fenomeno come capita spesso nel male di montagna. Il cuore, per l'esaurimento centrale prodotto dall'emozione, o dalla fatica, non si contrae più completamente, e rimanendo alquanto dilatato, la circolazione nei polmoni si fa più languida e lo scambio dei gas nei polmoni diviene insufficiente. Questa è la causa prima della respirazione affannosa, il cuore batte più frequente per compensare le sue contrazioni che non sono più complete. Quando il difetto della innervazione del cuore diviene più grave, succede la paralisi del cuore che è sempre seguita dalla morte immediata.

Così si spiega come i vecchi e le persone deboli possano qualche volta soccombere per effetto di una emozione psichica: così forse avvenne la morte di Alfonso Zoja.

Le emozioni profonde e gli effetti della fatica sono più temibili se la temperatura esterna è bassa, e divengono mortali quando per la depressione del cervello e del midollo sono paralizzate le funzioni dei centri che regolano la temperatura del corpo e la tonicità dei vasi sanguigni.

Gli ubbriachi muoiono assai più facilmente per freddo che non le altre persone. Questo anzi è il meccanismo col quale si spiega la morte di coloro che riuscirono a suicidarsi coll'alcool o coll'assenzio, perchè da soli i liquidi alcoolici non produrrebbero la morte. Ma i vasi paralizzati si dilatano, e il sangue raffreddandosi non trova più attivi nell'interno dell'organismo i congegni automatici che attizzano i processi della vita e rinforzano le combustioni nei tessuti appena il sangue si raffredda. L'individuo perde poco per volta il suo calore fino a che si spegne la coscienza, e dopo arrestandosi il cuore ed il respiro ne succede la morte.

Il dottor F. De Filippi nell'ultima parte della lettera mi scrisse alcuni concetti per spiegare la morte dei fratelli Zoja che io divido pienamente. “ Forse il fatto dominante fu un indebolirsi progressivo del cuore ed una paralisi vasomotoria. Certo è una forma che non si può far rientrare completamente in nessuno dei quadri morbosi classici descritti. È anche possibile che si tratti di una vera intossicazione dai veleni della fatica, e che questo fattore intervenga in tutte le morti per esaurimento da grave strapazzo muscolare. Forse individui con ricambio pigro, organismi che abbiano combustioni incomplete e tarda eliminazione dei prodotti retrogradi, possono essere specialmente predisposti a questa forma di avvelenamento, specialmente se il freddo interviene a limitare ancora l'attività del chimismo organico. I precedenti di Raffaello dimostrano una sensibilità grande del suo sistema nervoso alle intossicazioni: invece Alfonso era apparentemente in condizioni fisiologiche, è possibile che l'emozione provocata dalla morte del fratello sia stata troppo violenta per un organismo stanco, malato da ore di mal di montagna, sottoposto per lungo tempo ad una insolita perdita di calore, che da circa venti ore quasi non aveva più preso alimento. Certo si sono sommati tutti questi fattori. Nella ignoranza in cui siamo sulle modificazioni del ricambio che accompagnano il mal di montagna, non possiamo dire se questo possa favorire l'accumulo nell'organismo dei veleni della fatica, e siamo costretti a vagare nel campo incerto delle ipotesi. „

Capitolo Settimo.

Le ascensioni. I nostri accampamenti. La Capanna Gnifetti e la Capanna Regina Margherita.

I.

Le norme per fare un'ascensione e la tecnica per superare le difficoltà ed evitare i pericoli, furono conquistate dall' alpinismo con lunga e fortunosa esperienza. Basta ricordare il nome di Güssfeldt [1] per accennare tutto un genere di scrittori alpini valentissimi. Non è questo l'argomento che voglio toccare, nè avrei autorità per farlo. Dopo aver dato uno sguardo sommario ai mutamenti più gravi che succedono nell'uomo sulle Alpi per effetto della fatica e della rarefazione dell'aria. vorrei cominciare adesso uno studio analitico delle ascensioni.

Ho già accennato che durante un'ascensione non siamo sempre gli stessi, e che l' organismo risponde in modo diverso secondo lo stadio della fatica al quale siamo giunti. Era mio intento di tener distinti i fenomeni quali si osservano nella prima parte di un' ascensione da quelli che succedono più tardi per la fatica, i quali sono più gravi e quasi morbosi.

Accanto all'albergo di Gressoney la Trinità, sulla sinistra del Lys ho scelto un terreno che dal prato orizzontale verso la cascata, sale sul fianco della vallata e interseca il sentiero del Netscio. Misurai coll'ingegnere Bellini un'altezza di 100 metri in un punto

[1] P. Güssfeldt, *Das Wandern in Hochgebirge*. Anhang, 299, In den Hochalpen.

dove l'inclinazione del prato era del 50 %. La prima parte della salita era però alquanto più ripida. Quivi ho fatto delle esperienze con passo ordinario e con passo rapido e anche di corsa su molte persone.

Ecco come saggio una di queste esperienze che feci su me stesso nell'agosto 1895. Temperatura dell'aria 13°.

Ore	Polso	Respiro	Temperatura rettale	OSSERVAZIONI
9,40	60	15	37°,2	
9,42				Parto dalla base della salita ed impiego 6′,55″ a raggiungere 100 metri di altezza.
9,53	114	30	37°,7	
9,55	88			
9,56	84	21	37°,8	
9,58	84	20		
10,3	84		37°,8	Tossisco ripetutamente.
10,5	—	17	37°,7	
10,7	79	17		
10,12	80	16		
10,15	—	16	37°,6	
10,20	74	15	37°,55	
10.25	73	15		
10.40	63		37°,2	
10,45	60			

Queste cifre fanno vedere in che misura siano cresciute la frequenza del polso e del respiro e la temperatura interna per alzare il peso del mio corpo che è di 74 chilogrammi e per l'età sua di 49 anni fino a 100 metri di altezza. Il polso dopo aver raggiunto le 114 battute al minuto cominciò a diminuire mentre che la temperatura interna si mantenne elevata e crebbe leggermente nel riposo e raggiunse il normale poco prima del polso.

Il termometro che adoperavo era un termometro a massimo Baudin con bulbo piccolissimo, il quale in meno di due minuti raggiungeva la temperatura del corpo. La prima lettura la feci alle ore 9.53 dopo più di 4 minuti, e la seconda dopo 3 minuti.

La frequenza del respiro è la prima che ritorna allo stato normale: essa diminuisce in proporzione più rapida del polso, mentre la temperatura non accenna che assai più tardi a scemare. Dei tre fenomeni qui studiati, prima diminuisce la respirazione, poi il polso ed in ultimo la temperatura interna. Perchè scomparisse nell'organismo ogni traccia di questa piccola ascensione dovevo stare un'ora in riposo coricato sull'erba.

Ho notato che ebbi alcuni colpi di tosse. Questo, secondo me, fa credere che si fosse accumulato del sangue nei polmoni. Non

ne sono sicuro, ma non saprei altrimenti spiegare la tosse che osservasi così spesso nelle ascensioni, specialmente nelle persone deboli, o in coloro che (come capitava a me in questo caso) si trovano in principio dell' allenamento.

II.

Salire 100 metri in 3 minuti e mezzo si dice che sia il massimo. Perciò feci eseguire delle gare di corsa in salita, per conoscere meglio la forza di alcuni alpinisti. L' ingegnere Bellini col quale avevo misurato esattamente il tragitto da percorrere stava in basso ed io in alto alla meta, egli contava il polso ed il respiro prima della partenza e lo dava a ciascun corridore scritto in un foglio e mi faceva segno colla mano nel momento che incominciava la corsa.

Il signor Borsalino Mario studente di 18 anni e del peso di 58 chilogrammi, percorse 100 metri in altezza colla inclinazione del terreno al 50 % in 4',33". La tabella messa in nota indica i dati raccolti in questa osservazione [1].

[1] *Borsalino Mario.* Anni 18. Peso 58.

Ore	Polso	Respiro
3,20	76	21
3,34	66	
	70	
	68	
Parte ore 4	70	19

Arriva in 4',33" Per circa un minuto non posso contare il polso tanto è debole e filiforme.

4,6 Conto solo per 30"	150	31
	140	27
4,8	120	26
4,11	120	24
4,23	108	
	106	22

Tossisce parecchie volte.

4,43	90	18
4,45	94	18

È dunque ritornato sotto il normale prima il respiro del polso.

5,5	93	17
5,20	87	17
5,40	80	16
5,43	72	17

Dopo un'ora e 40 minuti il cuore non era ancora ritornato al normale.

Furono fatte otto esperienze per conoscere la velocità nelle ascensioni e basterà riferire quella nella quale la velocità fu maggiore [1].

La guida Lochmatter fece questa salita di 100 metri in 3',45". Egli mi disse che era il massimo che si potesse durare e che il doppio di strada era impossibile farlo con quella velocità.

Mi parve nei due primi minuti che il polso fosse vicino a 160. Messa una mano sul petto sentii una forte palpitazione, ma anche lì non potevo contare bene il polso. È probabile che in questi casi il cuore non si vuoti completamente. Il cuore nostro sarebbe come uno stantuffo il quale non compie la corsa completa quando noi facciamo gli sforzi maggiori.

Nell' esperienza fatta colla guida Lochmatter si vide quanto l'emozione possa di per sè affrettare i battiti del polso. Dopo colazione alle 2 era 73: quando andammo nel prato vicino alla salita ed incominciarono le gare il suo polso salì a 82. Malgrado il riposo non fu possibile ottenere che diminuisse la frequenza dei battiti cardiaci, anzi crebbe da 88 a 98. Il polso tradiva l' emozione e il desiderio suo di vincere le altre guide, delle quali per brevità non riferisco i dati.

[1] *Julius Lochmatter*. Anni 28. Peso 75. Guida di professione.

Ore	Polso	Respiro
3,18	71	13
3,20	82	15
3,30	88	

Vedendo che il polso è così elevato gli diciamo di sedersi e di riposarsi.

Parte ore 4.13 Polso 98 Respiro 20
Arriva impiegando minuti 3,45".

Per due minuti non posso contare il polso tanto è piccolo e filiforme. Respiro 38.

Ore	Polso	Respiro
4,18	140	33
4,20	132	28
4,22	130	26
	Tossisce un poco.	
4,25	124	26
4,27	120	20
	Il respiro diventa normale prima del polso.	
5,2	106	20
5,12	104	19
5,20	102	17
5,35	96	18

Dopo un'ora e mezzo diventano meno frequenti di prima che partisse, tanto il cuore quanto il respiro.

Finito il pranzo alle ore 8.30, quando avrebbe dovuto essere più frequente il polso contai solo 74 battute al minuto.

Facendo questi esperimenti mi imbattei in un giovane alpigiano, un portatore robustissimo di anni 33 che aveva una irregolarità del polso: dopo quest'ascensione di 100 metri in sei minuti il suo polso si regolarizzò [1].

Che il polso nella fatica diventi regolare in questi casi era già noto a Christ e ad altri che si occuparono di simili studi. Anche nella febbre scompaiono spesso le irregolarità che alcune persone hanno nel polso e che non sono per sè un indizio di malattia. Queste irregolarità del polso spesso sono i fumatori che le hanno e ne guariscono cessando l'uso del tabacco.

III.

Per conoscere l'attività del respiro nelle ascensioni non basta contare il numero delle inspirazioni; bisogna inoltre misurare la quantità dell'aria che introduciamo nei polmoni.

Per vedere quanto crescesse il respiro salendo 100 metri in altezza, misi un contatore in basso ed un altro alla meta. La persona sulla quale facevo un'esperienza adattavasi bene la maschera e coricatosi in terra cominciava a respirare attraverso le valvole ed il contatore, poi faceva la salita al passo ordinario ed arrivato alla meta si metteva nuovamente la maschera e respirava nell'altro contatore coricandosi pure in terra.

Come siano disposte le valvole per misurare l'aria che respiriamo l'ho già detto in un capitolo precedente. Quale esempio dell'aumento che subisce il respiro anche quando si sale lentamente, riferisco un'esperienza che feci sopra un portatore di Gressoney, che aveva l'età di 30 anni. Determino prima quant'aria

[1] Ore 4,20 Polso 74 a 80,76 Respiro 20 a 22

Parte ore 4,29; impiega 6 minuti. Quando arriva si può subito contare:

Ore	Polso	Respiro
4,35	148	34
	112	31
4,39	100	28
Il polso non è più irregolare.		
4,58	84	28
5,19	80	22
Anche qui il respiro ritorna prima del polso al normale.		
5,32	80	22

introduce nei polmoni mentre sta in basso nel prato, dopo che giaceva coricato da cinque minuti colla maschera messa in comunicazione col contatore. Ottengo i valori seguenti facendo la lettura del contatore ogni due minuti:

7,9300 — 8,4185 — 8,0352 — 7,8400 — 8,1250.

Si alza e tenendo la maschera di guttaperca sulla faccia percorre lentamente il fianco della montagna. In 7 minuti solleva il peso del suo corpo, che era 67 chilogrammi, all'altezza di 100 metri; appena arrivato alla meta si corica e subito comincio a segnare quant'aria inspira ogni 2 minuti ed ottengo i valori seguenti:

14,6400 — 11,9064 — 10,9800 — 9,9308 — 9,0280 — 8,1300.

Da questa esperienza si vede che la respirazione è diventata due volte più profonda per sollevarsi di 100 metri in 8 minuti. Quando la velocità dell'ascensione è maggiore, vidi diventare anche quattro volte più grande il volume dell'aria respirata: devo però avvertire che le valvole del mio apparecchio in quest'ultimo caso non funzionavano completamente bene, perchè la respirazione era troppo rapida e profonda.

IV.

Che non sia la mancanza di fiato quella che ci ferma lo dimostra il fatto che alcuni come Lortet consigliano di camminare nelle ascensioni colla testa bassa per diminuire l'orificio delle vie respiratorie.

" Ceux qui savent marcher dans les hautes montagnes, tiennent la tête baissée pour diminuer l'orifice des voies respiratoires, et respirent par l'orifice nasal seulement, la bouche étant fermée, en ayant soin de sucer un petit corps inerte, tel qu'une noisette, ou une pierre, ce qui augmente la sécretion salivaire[1]. "

Recentemente ebbi il piacere di far la conoscenza del celebre alpinista Charles Durier, presidente del Club Alpino Francese. Mi rammentavo di aver letto nella sua storia del Monte Bianco una frase che mi aveva impressionato. Parlando dei vantaggi che possono recare alcuni piccoli vizii sulla vetta del Monte Bianco, Durier scrisse: " si l'on est fumeur, on a un petit fourneau pour

[1] Lortet, *Perturbations de la respiration, de la circulation et surtout de la calorification à des grandes hauteurs sur le Mont-Blanc.* Comptes rendus, Tome 69, 1869, p. 708.

se réchauffer les doigts[1] „. Capivo senz'altro da questa frase che la respirazione doveva alterarsi poco nel signor Durier, ma era la prima volta che sentivo lodare la pipa sulla vetta del Monte Bianco per scaldarsi le dita. Lo pregai di lasciarmi un ricordo del suo modo di respirare nelle ascensioni, ed egli volle gentilmente scrivere nel mio taccuino la seguente notizia:

“ Un peu au dessous du sommet du Mont-Blanc, ne ressentant aucun essoufflement, je m'arrêtai, bourrai ma pipe et l'allumai afin de voir si je n'aurais aucune oppression. Je n'en eu aucune et arrivai au sommet avec la pipe allumée (1869, à l'âge de 39 ans). Depuis lors jamais je n'ai atteint aucune cime sans avoir ma pipe à la bouche et jamais je n'en ai ressenti aucune incommodité. Je dirai même que, d'après mon expérience personnelle, cela régularise la respiration et prévient l'essoufflement. „

Se dovessero dividersi gli alpinisti in quelli che rassomigliano al signor Durier ed in quelli che nelle grandi ascensioni tirano fuori la lingua ed allungano il collo, confesso che dovrei mettermi fra questi ultimi; ma sarei egualmente in buona compagnia.

Whimper dice che sul Chimborazo aveva la febbre, mal di capo e respirava affrettatamente colla bocca aperta.

Non credo sia utile dare delle regole sul modo di respirare; ciascuno deve respirare come vuole. In nessun genere di esercizio l'incoscienza e l'automatismo devono aver maggiore preponderanza quanto in questo. In uno scritto recente sull'allenamento, Tissié dice[2]: “ Bien peu de personnes savent respirer. Dans les exercices en plein air l'inspiration doit être nasale, et l'expiration buccale. „ Riconosco volentieri la grande competenza del Tissié nello studio della fatica, ma non divido le sue idee intorno al modo di respirare, e ne dirò la ragione quando parlerò della influenza che esercita il vento sul respiro.

V.

Nelle marce i soldati si fermano dieci minuti per ogni ora di cammino. Questa regola dovrebbero adottarla gli alpinisti anche per le loro marce in montagna.

Non feci osservazioni speciali su questo argomento che già toccai nel mio libro sulla fatica. È uno studio difficile che non può

[1] CHARLES DURIER, *Le Mont-Blanc*. Paris, 1877, p. 236.

[2] TISSIÉ, *L'entraînement physique*. Revue scientifique, 1896, N. 17.

farsi bene nelle Alpi. Qui accenno solo il fatto che il lavoro dei muscoli è soggetto alle medesime leggi di quello del pensiero.

Mentre scrivo questo libro ho fatto più volte l'esperienza che se sto allo scrittoio un'ora o un'ora e mezzo e dopo faccio un'interruzione di 15 o 20 minuti riposandomi o passeggiando, posso compiere anche per alcune settimane di seguito un lavoro proficuo di otto o nove ore al giorno. Se mi abbandono inavvertentemente alla foga del lavoro dalle 7 alle 11 e mezzo senza riposarmi, sto meno bene nel pomeriggio e spesso ho male di capo.

Quando copio o trascrivo semplicemente non mi accorgo se le pause sono lunghe o brevi, e riprendo il lavoro con eguale facilità. Ma se mi trovo impigliato in qualche capitolo che richieda un' attenzione più intensa, quando mi riposo più di mezz' ora, questa pausa troppo lunga nuoce alla continuazione del lavoro. Mi accorgo nel prendere in mano la penna, che c' è un distacco forte. Credo che tutti più o meno sentono la medesima differenza anche per il lavoro delle ascensioni.

La fatica delle gambe è pur essa un fenomeno nervoso e ho già mostrato il nesso intimo che passa fra il lavoro del cervello e quello delle ascensioni.

La fatica non modifica in modo visibile i muscoli, perchè essa in fondo è un fenomeno chimico, però succedono nel muscolo delle alterazioni fisiche apprezzabili quando è stanco.

VI.

Mentre ero a Gressoney ed all'accampamento Indra feci delle osservazioni intorno ai cambiamenti che presenta la tonicità dei muscoli nelle ascensioni. Mi servii a tale scopo di uno strumento al quale diedi il nome di *miotonometro.* Con questo apparecchio vidi che i muscoli i quali formano il polpaccio della gamba, si lasciano allungare più facilmente per un medesimo peso quando siamo stanchi. Un' ascensione di tre o quattro ore è sufficiente per modificare la tonicità dei muscoli. Questo è un danno di cui non ci accorgiamo fino a che l' esaurimento delle forze non è grande: ma il fatto di strascicare i piedi quando siamo molto stanchi, è in parte dovuto a questo inconveniente. Il sistema nervoso agisce su dei muscoli che si lasciano più facilmente distendere dal peso del corpo. La contrazione loro è più lenta e meno efficace. Ma non posso fermarmi su questo argomento che richiederebbe una lunga digressione.

Del resto l'apparecchio che adoperai nella spedizione al Monte Rosa, era quello primitivo da me presentato al X Congresso internazionale di medicina a Berlino nel 1890 [1]. Dopo, lo migliorai [2], e il dottor Benedicenti se n'è pure servito nelle sue indagini sulla fatica [3].

Tutti sanno che le gambe diventano rigide quando ci fermiamo troppo a lungo durante una marcia. Lagrange [4] attribuisce tale rigidità a una diminuzione della circolazione e dice che il sangue non lava più abbastanza attivamente la fibra muscolare quando il muscolo cessa di contrarsi.

Certo dopo che cessa il movimento, si modifica la circolazione del sangue e della linfa nei muscoli e questo può contribuire a produrre una condizione meno fisiologica del muscolo, ma io credo che siano altre le cause le quali producono la sensazione molesta che tutti abbiamo provato quando dopo una lunga marcia e dopo aver lasciato per un certo tempo in riposo i muscoli vogliamo farli nuovamente contrarre.

Il piede nella sua posizione di riposo ha il calcagno che sta più alto delle dita. Basta guardare una persona seduta su di una tavola e si vede subito nelle gambe penzoloni che la punta del piede sta più bassa del calcagno. Quando mettiamo il piede in terra per camminare e comprimendo la pianta col peso del corpo teniamo orizzontalmente sul piano della terra il calcagno e la punta, si tendono i muscoli nella parte posteriore della gamba. Ho misurato la forza che occorre perchè la pianta del piede faccia un angolo retto colla verticale del corpo. Sono necessari 11 chilogrammi applicati al tendine di Achille. Questo peso che dobbiamo supporre agisca tendendo il muscolo tutte le volte che il corpo poggia su di una gamba, produce la tensione molesta che sentiamo nella così detta rigidità delle gambe. Nei muscoli abbiamo dei nervi sensibili. I dolori che proviamo nel reumatismo muscolare provengono dalla eccitazione morbosa di questi nervi quando mettendo in terra la gamba, stiriamo i muscoli del polpaccio.

È probabile che nel riposo il muscolo diventi edematoso. Molte persone alzandosi al mattino hanno sentito le mani piene, come

[1] A. Mosso, *Verhandlungen des X internationalen medicinischen Congresses*. Berlin, 1890, Bd. II, Abth. II, pag. 10.

[2] A. Mosso, *Description d'un myotonomètre pour étudier la tonicité des muscles chez l'homme*. Archives italiennes de Biologie, Tome XXV, pag. 349.

[3] A. Benedicenti, *La tonicité des muscles etudiée chez l'homme*. *Ibidem*, p. 385.

[4] F. Lagrange, *Physiologie des exercices du corps*. 1888, pag. 103.



Accampamento presso la Capanna Linty (altitudine 3047 m.).

più grosse, oppure avevano gli occhi e le palpebre leggermente gonfi. È un fenomeno simile che secondo ogni probabilità si produce nel muscolo dopo che ha lavorato intensamente.

Ma bisogna prima dimostrare che i muscoli sono edematosi. Io non l'ho visto, ma ecco perchè ritengo molto probabile tale supposizione.

Il soldato Chamois partito di buon'ora da Gressoney S. Giovanni, arrivò all'accampamento Indra dopo quattro ore di marcia. Appena giunto lo feci sedere su di una tavola colle gambe penzoloni. La gamba destra lasciai che pendesse naturalmente. Sotto la sinistra misi la tavoletta del miotonometro che teneva alzata la punta del piede quanto circa si può sollevare la punta delle dita con un moto volontario.

Dopo 40 minuti che il piede sinistro era in questa posizione levai il miotonometro che teneva sollevato il piede, ma la punta del piede non tornò subito alla sua posizione naturale. Per oltre dieci minuti la punta del piede a sinistra rimase più alta che a destra. Questo prova che l'elasticità dei muscoli si era modificata, e che dopo la fatica il muscolo prende una consistenza pastosa che non ha quando è riposato.

Camminando (dopo levato lo strumento), questa persona diceva che la rigidità era maggiore nel lato destro, cioè nella gamba lasciata in riposo, senza farle nulla. Questo lo spiego pensando che la trazione doveva essere più forte in questo muscolo divenuto edematoso e gonfio in una posizione diversa da quella che prende poi il piede quando poggia camminando. I nervi sensibili del muscolo venivano eccitati dolorosamente in questo lato perchè qui la deformazione che doveva subire il muscolo onde il piede stesse in posizione orizzontale era maggiore.

Non basta però il solo edema per spiegare questi fenomeni. La sensibilità dei nervi cresce nei muscoli dopo la fatica: questo assai meglio che nelle persone robuste appare evidente in chi, divenuto debole in seguito ad una malattia, torna a servirsi dei muscoli dopo un lungo riposo.

Riferisco una osservazione fatta sopra sè stesso dal professore Forlanini direttore della clinica propedeutica di Torino.

" Nel 1881 ebbi una pleurite con versamento nel lato sinistro. Mi vennero praticate due toracentesi alla distanza di dieci giorni l'una dall'altra, estraendo quattro litri e mezzo di liquido. La febbre durò a lungo dopo l'evacuazione e pure la convalescenza fu lunga.

" Andai in montagna ai primi di luglio e la febbre mi durò ancora parecchi giorni. Alla fine di luglio feci un'ascensione: par-

tito da 1200 metri andai a 3000 metri. Fu una gita faticosissima per me: massime in principio, ero costretto a sedermi e spesso a coricarmi, perchè non potevo star dritto, avevo gravissima dispnea e cardiopalmo. Oltre i 2000 metri queste difficoltà scemarono notevolmente. A questo modo camminai dalle sei del mattino alle otto di sera con due fermate per la colazione ed il pranzo.

" Ritornato ero stanchissimo: volli prendere un bagno e questo non essendo pronto mi sdraiai sul mio letto tranquillissimo aspettando. Quando dieci minuti dopo il bagno fu pronto non potei più alzarmi. Avevo l'impressione come se i muscoli delle estremità inferiori fossero in uno stato di rigidità pastosa; anche i muscoli del tronco e delle braccia erano indolenziti. Ogni movimento muscolare, lo stirare, il pigiare anche dolcemente un muscolo, era dolorosissimo. Mi feci aiutare da due persone per svestirmi, impiegando molto tempo in tale operazione e soffrendo molto.

" Dormii subito e passai una notte tranquilla, al mattino tutto era scomparso e persisteva un'addolenzatura come quella che si prova di solito dopo una lunga passeggiata in montagna. „

Il massaggio ben fatto dopo una marcia, impedisce nei muscoli la comparsa dei dolori che i francesi chiamano *courbature*. Questo prova che l'arrembatura è un fenomeno periferico: per guarirla basta spremere bene i muscoli e provvedere col movimento passivo, che si mantenga in essi un'abbondante circolazione del sangue e della linfa. Il professore Maggiora fece nel mio Laboratorio due studi intorno all'azione fisiologica del mas saggio e non mi fermo più a lungo su questo argomento [1].



VII.

La materia che devo trattare è così complessa che ho rinunciato alla speranza di procedere con ordine. Nè sarebbe possibile scegliere una funzione e studiarla senza guardare quale sia il contatto suo, e il rapporto colle altre funzioni dell'organismo. Siccome l'ambiente alpino esercita un'influenza grande sull'organismo, voglio fare un breve cenno dei luoghi che furono la nostra dimora sui fianchi del Monte Rosa.

[1] A. Maggiora, *De l'action physiologique du massage sur les muscles de l'homme*. Archives italiennes de Biologie, Tome XVI, 225. — *Influence du massage sur la contraction musculaire*. Ibidem, Tome XIII, pag. 231.

La prima serie di osservazioni a Torino aveva durato circa un mese. Il giorno 18 luglio 1894 piantammo la tenda del Laboratorio a Gressoney la Trinità sulle sponde del Lys, poco lontano dall'albergo Thedy; e cominciammo la seconda serie che era per me tanto più interessante perchè non m'ero mai trovato ad avere per Laboratorio una baracca di tela, piantata nel mezzo di un prato all'altezza di 1627 metri. In pochi giorni ci addestrammo a tirar fuori dalle casse e a rimettere in posto gli apparecchi dopo essercene serviti. Studiammo la quantità dell'aria respirata, la forma del respiro, l'acido carbonico eliminato, la pressione del sangue, la forza dei muscoli, ecc. Al mattino, prima che i soldati si alzassero da letto, si prendeva nota per ciascuno della temperatura, del polso e del respiro.

Dopo una settimana, cioè il 25 luglio, caricammo il bagaglio sopra cinque muli e andammo a piantare l'accampamento a Indra lasciando all'albergo Thedy in deposito le provviste e le cose che avremmo mandato a prendere più tardi a misura che ne venisse il bisogno.

La località che scegliemmo trovasi a circa 2515 metri, poco lontano dai ruderi di un mulino, che una volta serviva per le miniere d'oro. La temperatura specialmente nella notte scendeva molto basso, tanto che l'acqua gelava e al mattino nei secchi si trovava il ghiaccio spesso 2 o 3 centimetri, e i pascoli coperti di brina.

A Gressoney avevamo costrutta una cassetta traforata e nera internamente fissa ad un palo alto un metro e mezzo che serviva per proteggere un termometro dal sole e misurare la temperatura dell'aria. Abbiamo continuato regolarmente durante tutto il soggiorno sul Monte Rosa a fare queste osservazioni. La parte loro più importante è riferita in fondo al volume. Qui basta ricordare che il massimo della temperatura da noi osservato ad Indra fu 14° alle ore 3 pom. del 27 luglio.

Una caratteristica del clima alpino che venne già notata dai meteorologi[1] è la rapida elevazione della temperatura che succede al mattino.

In un'ora la temperatura può crescere di 10°. La terra si raffredda molto nella notte, perchè l'aria è più secca e meno densa. Al mattino il fondo della valle rimane nell'ombra fino a che il sole è già in alto sull'orizzonte; i raggi che scendono più verticali al mattino riscaldano più rapidamente la terra e l'aria am-

[1] I. Vallot, *Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc.* Paris, 1893, p. 20.



V. Sella.

Punta Parrot (m. 4463).

biente. Queste differenze vanno scomparendo a misura che uno si solleva dal fondo delle valli, e sulla vetta del Monte Rosa vedremo ridursi ad un minimo di pochi gradi le variazioni diurne della temperatura.

Il 31 luglio si trasportò coi muli tutto il bagaglio presso la Capanna Linty, e si piantarono le tende, a 3047 metri, dove era stato l'anno prima l'accampamento della Regina, quando S. M. fece l'ascensione del Monte Rosa. Nella figura qui annessa si vedono le nostre tende. Il dottor Abelli dormiva nella baracca del Laboratorio, ed i soldati avevano una tenda poco lontano dal luogo che aveva servito di cucina e di alloggio per il seguito della Regina. La figura che rappresenta la piramide Vincent nel secondo capitolo mostra questo piano roccioso, guardando verso i ghiacciai dell'Indren e del Garstelet. A pochi metri dall'accampamento, la neve accumulata fra le roccie serviva per darci l'acqua.

La notte che arrivammo, il dottor Abelli soffrì di emicrania, ed ebbe anche vomito. Furono i primi sintomi del male di montagna che apparvero, e dopo egli non ebbe a soffrire più nulla.

Il tempo, che era stato prima capriccioso, si era fatto bello, e ci aiutava ad installarci bene. I raggi caldi del sole ci consolavano in mezzo alla natura deserta, dove era scomparsa ogni traccia di vegetazione. Il ghiacciaio del Garstelet e i torrenti rumoreggiavano intorno. Alle 10 si staccò una valanga immensa che usci burrascosa come un' onda spumante dalla fronte del ghiacciaio, e dietro lei sollevossi in alto una nube candidissima. Era una vita nuova per noi, e spesso ognuno interrompeva il lavoro per contemplare l'immane cascata del ghiacciaio, coi suoi abissi e le sue creste vacillanti e le pareti liscie di ghiaccio che riflettono i raggi del sole e i ruscelli biancheggianti che escono alla base dalle caverne azzurre.

Il 2 agosto il tempo fu pessimo. Verso sera scoppiò un temporale con grandine. La notte continuò a nevicare, e il giorno dopo a piovere. L'acqua di un torrentello innondò il Laboratorio, attraversandolo nel mezzo. Fummo obbligati a sgomberare la tenda e trasportare altrove gli strumenti e le provviste. Le nostre tende resistettero bene al vento ed alla neve. Avevamo portato con noi delle tele cerate impermeabili che formavano il pavimento di ciascuna tenda, e su di esse stavano i letti da campo.

4 agosto. Il tempo è ritornato bello. Alle ore 2 pom. il termometro nella mia tenda segna 19°,5.

Avevo portato con me dei libri per tema che mi prendesse la noia, ma le ore fuggivano inavvertite. I giorni passati negli accampamenti lasciarono una dolce ricordanza come di un benes-

sere nuovo. Fu un tempo della mia vita pieno di emozioni ineffabili, nel quale mi sentii dominato dalla influenza poetica dell'ambiente, soggiogato dal sentimento religioso della natura.

La sera mi sedevo stanco davanti alla tenda a guardare la luce gialla verso il tramonto, e le nubi di porpora, e gli ultimi raggi che indoravano la piramide Vincent. Lontano sulla pianura si era già steso il velo grigio della notte, e potevo a stento persuadermi che mi trovavo su quel monte che la sera troneggia infuocato sopra la linea azzurra del cielo, che mi trovavo su quella massa immensa di ghiacci, donde il sole manda l'ultimo saluto all'Italia, quando si spegne il giorno.

Poi d'un tratto la notte dominava ogni cosa. Le stelle scintillanti rendevano più solenni e più fredde le tenebre. La natura sembrava più inesplicabile e più grande in quei sovrumani silenzî.

VIII.

Nel capitolo secondo avrete osservato una figura che rappresenta la piramide Vincent; a sinistra sull'orizzonte si vede una cresta nera in mezzo ai ghiacci. Su quella roccia venne costruita, a 3620 metri, la Capanna Gnifetti dalla Sezione di Varallo del Club Alpino. Una costa del monte spiccandosi dall'accampamento presso la Capanna Linty nella direzione della piramide Vincent divide il ghiacciaio del Lys da quello del Garstelet. Camminando in tale direzione, dopo due ore si giunge alla Capanna Gnifetti[1]. La via è facile, ma faticosa, perchè prima di arrivare sul ghiacciaio si devono attraversare dei nevai, degli sfasciumi di roccie assai ineguali. Una fotografia che ho riprodotta in fondo al volume rappresenta la nostra carovana quando scese dal Monte Rosa. In tale disegno si vede il ghiacciaio del Garstelet che si stende sotto la Capanna Gnifetti dopo avere avvolto i fianchi della piramide Vincent. È un immenso piano inclinato di ghiaccio, con superficie uniforme e senza crepacci.

Riprodussi una fotografia della piccola e della grande Capanna Gnifetti come erano nel 1894. Adesso esiste una capanna più grande e più comoda, lunga 14 metri, composta di quattro camere che comunicano fra loro.

[1] Questo nome fu dato alla capanna per ricordare il parroco di Alagna, don Giovanni Gnifetti, che nel 1842 salì per il primo sulla vetta dove ora sorge la Capanna Regina Margherita.



Le due capanne Gnifetti (altitudine 3620 m.).

I portatori nel giorno 4 agosto trasportarono la maggior parte degli strumenti nelle due capanne. Il giorno 5, con mio fratello e Bizzozero, adattammo la capanna piccola ad uso di Laboratorio. Disgraziatamente era solo larga 2 metri e lunga 3, ma si provava



La piccola capanna Gnifetti che serviva da laboratorio (altitudine 3620 m.)

un grande sollievo a trovarci più riparati che sotto le tende. Poco per volta ci eravamo assuefatti al freddo e al gelo negli accampamenti, ma quando potemmo finalmente scaldarci attorno alla stufa ci parve uno sfoggio di ricchezza e di benessere tale da

farci credere che fosse passato il tempo peggiore della nostra spedizione. Anche qui però fummo molestati dalla neve, come appare dalla figura che rappresenta la piccola capanna trasformata in Laboratorio.

IX.

Il 9 agosto insieme a Bizzozero, colla guida Simon, i soldati Iachini e Sarteur e due portatori, mi recai alla Capanna Regina Margherita. Nel giorno successivo venne su mio fratello con altra parte della carovana, e nel terzo giorno arrivò il dottor Abelli colla retroguardia e le provviste.

Il sentiero che dalla Capanna Gnifetti conduce alle vette del Monte Rosa è nel principio alquanto ripido. Giunti alle falde della piramide Vincent si stende un piano, e dopo una ripida salita di circa 600 metri si arriva al Colle del Lys, donde scende il vallone del Grenz. In fondo appaiono il ghiacciaio del Görner e le vette stupende di Zermatt, dominate dal Cervino. A sinistra si alzano temibili le roccie brune del Lyskamm. Poco più innanzi si stende l' immenso piano di ghiaccio sul quale troneggiano le vette del Monte Rosa.

Il dislivello dalla Capanna Gnifetti a quella Regina Margherita è minore di mille metri, e vi sono quattro ore di marcia. In nessuna parte delle Alpi si ha uno spettacolo più grandioso di neve e di ghiacci. La figura (presa da una fotografia di Vittorio Sella) che rappresenta la punta Parrot vista dal pianoro superiore del Lysjoch ci dà un'idea di questo paesaggio sublime che rivaleggia colla sua imponenza colle regioni polari. Qui di fronte si presenta la Capanna Regina Margherita quale si vede dalla parte Svizzera, che vi dà accesso.

Arrivandovi, pensavo che era stato Alessandro Sella il più caldo propugnatore della costruzione di questa Capanna che doveva pure servire alla scienza; pensavo a suo padre Quintino Sella, il fondatore del Club Alpino Italiano che mi aveva iniziato allo studio delle Alpi e provavo un sentimento di gratitudine per questa famiglia tanto benemerita della patria.

La Capanna Regina Margherita fu l'opera più ardita che vanti il Club Alpino Italiano; con essa fu compendiata in modo degno dell'Italia l'opera di mezzo secolo consacrato alla conquista delle Alpi.



Capanna Regina Margherita sulla punta Gnifetti (altitudine 4560 m.).

CAPITOLO OTTAVO.

La nutrizione e il digiuno.

I.

Un'ascensione fatta da Fick e da Wislicenus sul Faulhorn, fu quella che modificò le idee dei fisiologi intorno all'origine della forza nei muscoli, ed al valore chimico della nutrizione.

Giusto Liebig aveva diviso gli alimenti in alimenti respiratori, o produttori di calore, perchè dal loro abbruciamento, secondo lui, si svolgeva calore; ed in alimenti plastici (quali sono l'albumina, la caseina, e le altre sostanze le quali contengono azoto), che egli credeva servissero a formare i muscoli ed i tessuti. Questa dottrina che parve il più grande trionfo della chimica applicata all' orga-

nismo, era tanto facile che venne accettata da tutti. Quando leggiamo le lettere chimiche di Giusto Liebig [1] restiamo ancora adesso meravigliati del talento letterario col quale seppe volgarizzare le sue grandi scoperte.

Disgraziatamente l'origine della forza e del calore nel nostro organismo non è tanto semplice quanto Liebig credette.

Nel 1865 Fick e Wislicenus fecero un'ascensione per decidere se la dottrina del Liebig era vera. Ammesso che la forza dei muscoli fosse dovuta esclusivamente alla combustione della loro sostanza, l'azoto dei muscoli avrebbe dovuto passare nell'orina e produrre un aumento di urea.

Partirono dal lago di Brieg e salirono sul Faulhorn che sorge a 1956 metri sul livello del lago. Durante l'ascensione e nelle 12 ore precedenti non presero alcun alimento che contenesse azoto, limitandosi a nutrirsi con amido, grasso e zucchero. Essi raccoglievano l'orina durante le sei ore d'ascensione e nelle sei ore successive, e determinarono quanto azoto fosse contenuto in essa. Fick e Wislicenus videro che la distruzione dell'albumina succeduta nel loro corpo durante questa ascensione era tanto piccola, da non potersi considerare come la causa del lavoro meccanico compiuto.

Probabilmente questo non è più vero quando si fa una grande ascensione, perchè come ho già mostrato in un altro mio scritto la fisiologia dell' uomo affaticato è diversa dalla fisiologia dell'uomo sano.

Zuntz il quale si occupò molto di questo problema disse recentemente: “ Quando il lavoro è molto intenso e l'organismo giunge agli ultimi limiti nella estrinsecazione della sua forza e specialmente quando la respirazione non è completa e sufficiente, allora compare una distruzione di corpi albuminosi assai più copiosa. „

II.

Il dottor Paccard e la guida Balmat quando partirono per la prima salita sul Monte Bianco, non portarono quasi provvigioni con loro: avevano solo il bastone ferrato e due coperte di lana.

Ho fatto delle ascensioni digiuno; in altre ho mangiato e non mi accorsi di una differenza nella stanchezza. Quando salii d'in-

[1] Justus von Liebig, *Chemische Briefe*. 6 Auflage, p. 256.

verno sulla piramide Vincent, mi riempii una tasca con prugne secche e non mangiai altro in tutta la giornata. Quel sapore dolce-agro mi piaceva e il nocciolo mi levava la sete procurandomi una secrezione della saliva col tenerlo in bocca.

È divenuta oramai popolare l'idea che il nostro corpo possa paragonarsi ad una locomotiva, la quale col carbone che brucia e il vapore dell'acqua riscaldata, genera lavoro meccanico.

Il *tender* che ha la provvista del carbone, rappresenta il materiale nutritivo immagazzinato nel nostro corpo per alimentare il lavoro dei muscoli. Esaminerò meglio questa similitudine nel capitolo successivo: qui avverto solo che il *tender* della nostra macchina non può caricarsi poche ore prima della partenza, ma deve aver pronte le sue provviste almeno 24 ore prima, e durante il viaggio non si può mettere combustibile nel *tender*. In altre parole nel giorno di un'ascensione noi lavoriamo colla forza accumulata nei giorni precedenti.

Il grande fisico Tyndall, quando riuscì per il primo a toccare una delle vette del Cervino, nel momento supremo e trionfale di una lotta che aveva durato otto anni, prese un po' di cibo, più per forza della ragione che non per il bisogno che ne sentisse[1].

" C'est là un fait qui prouve quelle quantité considérable de force est mise en réserve dans les muscles et combien on peut en user longtemps sans la renouveler. Je quittai l'Angleterre malade, et quand j'attaquai le Cervin le mal n'avait pas encore cédé. Le jour précédent j'avais à peine pris quelque nourriture, et en quittant la cabane une demi-tasse de mauvais thé sans rien de solide constitua seule mon déjeuner. Néanmoins, pendant les cinq heures que dura la montée, depuis la hutte jusqu'au sommet du Cervin, quoique bien au-dessous de moi même, physiquement et moralement, je ne ressentis ni faim, ni faiblesse; depuis longtemps j'en ai fait l'expérience sur les montagnes. „

III.

Le sostanze alimentari che prendiamo per bocca divengono materia viva del corpo. Come si faccia questa assimilazione, come dagli alimenti che abbiamo digerito le cellule traggano i proprii materiali, è un mistero. La meraviglia nostra è tanto maggiore quando vediamo che dai cibi i più diversi, se ne trae

[1] Tyndall, *Dans les Montagnes*, p. 340.



Capanna Regina Margherita sulla punta Gnifetti (altitudine 4560 m.).

la materia per il cervello, i muscoli e la sterminata varietà degli elementi i quali costituiscono l'essere vivo.

I mutamenti che succedono nella forza nostra quando lavoriamo senza mangiare, sono un argomento che tiene viva l'attenzione dei fisiologi. Poichè non vi è speranza per ora di conoscere come si compia l'assimilazione, vorremo almeno determinare il tempo che occorre perchè si compia questo fenomeno. Le prime ricerche le feci insieme al professor Maggiora per mezzo dell'ergografo e si trovò che egli era molto sensibile alla mancanza del cibo. La resistenza al lavoro dei suoi muscoli diminuiva rapidamente, nel digiuno, e rapidamente ritornava allo stato normale colla nutrizione.

Non riferisco per brevità le ricerche intorno all'*Influenza del digiuno e del nutrimento sulla fatica muscolare,* che il prof. Maggiora stampò nelle Memorie dell'Accademia dei Lincei l'anno 1888, e nel mio giornale [1].

Viaggiando in molte persone soggette allo stesso regime, se qualche volta deve ritardare molto l'ora del pasto è facile accorgersi delle differenze individuali profonde che esistono nella resistenza al digiuno. Però malgrado gli scritti numerosi che vennero pubblicati su tale argomento non conosciamo la causa di queste varianti personali. Il dottor G. Manca, fece nel mio Laboratorio uno studio in proposito [2]. Qui posso appena ricordarlo perchè il problema è troppo complesso.

Le curve che otteniamo coll'ergografo ci danno un'idea parziale della fatica mancando in esse l'esercizio prolungato che modifica il cuore ed il respiro. Mi auguro che altri fisiologi possano fare presto uno studio più completo dell'influenza che ha il digiuno nelle ascensioni.

Una sola cosa voglio accennare che a primo aspetto sembra un paradosso. Alcune persone digiunando completamente un giorno, o due, possono divenire più forti. Questo è un effetto nervoso strano il quale dimostra che pel digiuno la forza diminuisce solo in alcuni, in altri si produce un eccitamento morboso che accresce momentaneamente il vigore. Tale è la spiegazione della resistenza osservata in molti i quali dopo aver digiunato 24 ore, camminando furono meravigliati di sentirsi meno deboli di quanto avrebbero creduto.

[1] A. Maggiora, Archives italiennes de Biologie, Tome XIII, p. 226.

[2] G. Manca, *Influence du jeûne sur la force musculaire.* Archives italiennes de Biologie, Tome XXI, p. 221.

Il professor Aducco scrisse coll'ergografo il tracciato A della mano sinistra sollevando 3 chilogrammi ogni due secondi (fig. 39). Dopo 26 ore di completo digiuno scrisse il secondo tracciato B

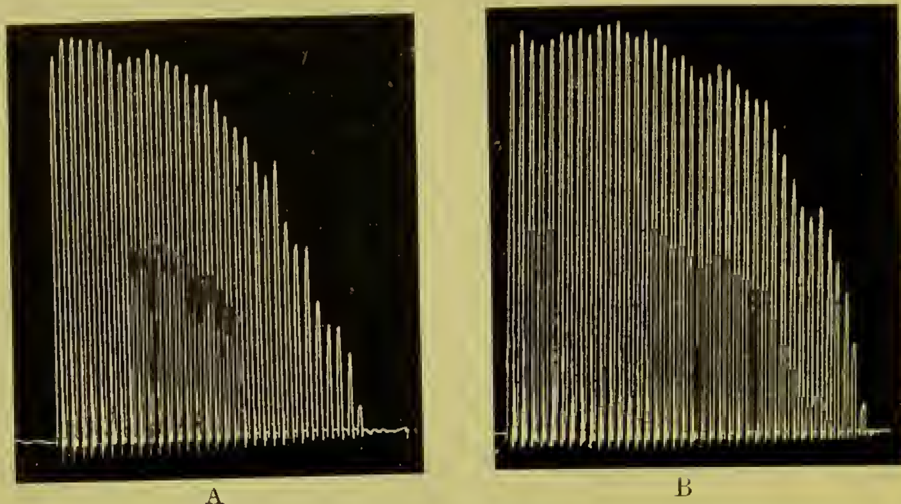


Fig. 39. — Prof. Aducco. — Tracciati scritti coll'ergografo.
A) Fatica normale. — *B)* Fatica dopo 26 ore di completo digiuno.

sollevando lo stesso peso. La forma della curva non è cambiata, ma il lavoro meccanico compiuto è maggiore. Sono circa sette contrazioni in più ch' egli fece nel principio della curva mentre

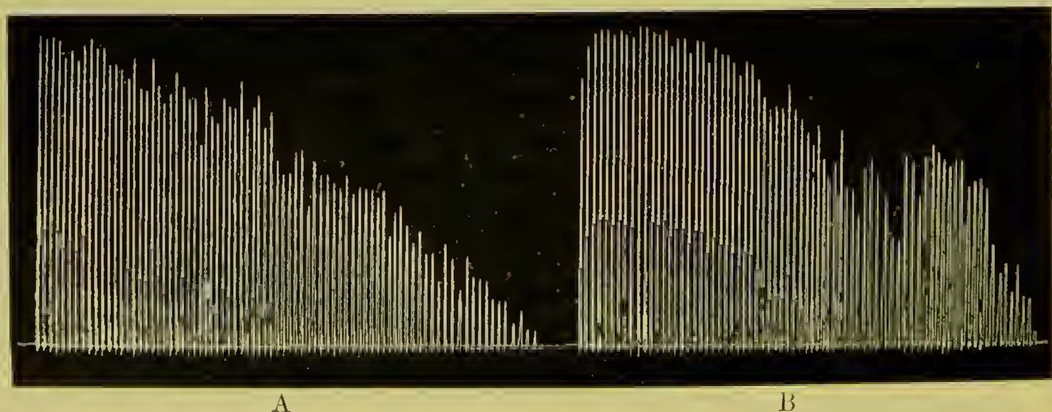


Fig. 40. — Dott. Colla. — Tracciati scritti coll'ergografo.
A) Fatica normale. — *B)* Fatica dopo 41 ore di completo digiuno.

era digiuno, senza che vi fosse un accenno a diminuire e ciò non era succeduto nello stato normale.

Il dottor Colla sollevò 3 chilogrammi col dito medio della mano sinistra ogni 2 secondi e scrisse il tracciato normale A della figura 40.

Dopo aver digiunato completamente per lo spazio di 41 ore, scrisse il tracciato B come prima, nella figura 40. Anche qui appare un aumento della forza nel principio e sul fine della curva. Questi tracciati furono ridotti di $^1/_3$ col fotografarli per la zincotipia.

I primi sintomi della fame sono i più dolorosi, dopo scompaiono, ed uno sta meglio dopo 24 ore che digiuna, che non dopo le prime 12 ore.

IV.

Lo stomaco fra tutti gli organi del corpo è forse quello che presenta le maggiori varianti nelle sue funzioni. Per cavarcela e non dover confessare la nostra ignoranza diciamo che lo stomaco è un organo capriccioso. Ma questi son discorsi che facciamo ai malati. Per il fisiologo non possono esistere dei capricci. Ogni cosa ha la sua ragione, ogni fenomeno è l' effetto di una causa. Ma siccome queste cause non le conosciamo, così dobbiamo rassegnarci e guardar questi fenomeni come il bel tempo e il cattivo tempo dei quali non conosciamo ancora bene le cause, benchè siamo certi che vi sono.

Tutti sanno che uomini sanissimi e robusti mangiano in modo affatto diverso, e ciò che ad uno piace ad un altro fa male. In generale noi mangiamo troppo, molto più di quanto occorra, ma abituati come siamo a sentirci meglio dopo aver mangiato, la dilatazione dello stomaco finisce col diventare un fattore del nostro benessere.

Gli irlandesi che si nutrono specialmente con patate non possono levarsi l'appetito colla carne quando vanno a lavorare in Inghilterra. Questa è una sensazione nervosa dello stomaco che fa credere non sia pieno, perchè prima era troppo dilatato. Nelle carestie si vedono intere popolazioni mangiare delle sostanze che certo non sono nutrienti, e che pure calmano il senso molesto della fame, perchè distendono meccanicamente lo stomaco. Succede lo stesso nelle persone nervose che di quando in quando sentono il bisogno di mangiare.

Lo stomaco oltre che per i suoi nervi e la funzione sua della digestione è un organo importante per la circolazione del sangue. Molti fenomeni che si attribuiscono alla digestione dipendono invece da una differente distribuzione del sangue nelle parti interne del corpo. Per dimostrarlo riferisco una sola esperienza che certo

molti hanno fatta. Quando capita di fumare un sigaro troppo forte ci sentiamo male. Parlo dei fumatori di mezza forza come sono io. Viene qualche volta un po' di nausea e di capogiro. Se uno beve un bicchiere d'acqua fresca questo malessere scompare immediatamente. Secondo me questo è un fenomeno puramente vasale. Sono i vasi dello stomaco e delle intestina che contraendosi producono un aumento della pressione sanguigna. Infatti ho provato collo sfigmomanometro che fumando un sigaro forte, quando uno più non si sente bene, diminuisce la pressione del sangue; e che questa cresce immediatamente bevendo un bicchiere d'acqua fresca.

Anche bevendo un bicchierino di cognac ho veduto crescere per pochi minuti la pressione del sangue. Il sentimento di benessere momentaneo che provano alcuni servendosi degli alcoolici sarebbe dunque un fenomeno riflesso, cioè una contrazione dei

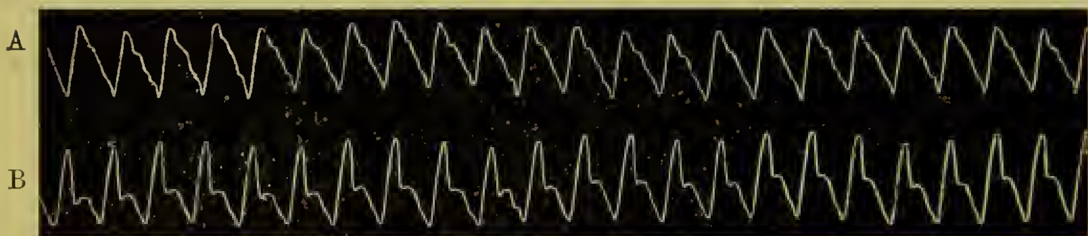


Fig. 41. — Prof. ALBERTOTTI.
A) Polso a digiuno. — *B)* Polso subito dopo aver mangiato.

vasi sanguigni la quale aumentando per pochi minuti la pressione del sangue ci fa star meglio. I boccettini che contengono dell'aceto profumato, l'uso comune di far fiutare l'ammoniaca ad una persona che non si senta bene od abbia avuto uno svenimento, hanno una ragione fisiologica identica.

L'influenza che il cibo esercita sul polso l'avevo già studiata in uno dei primi lavori che ho fatto [1]. Ricordo questi studi sul polso perchè si collegano strettamente coll'argomento che ora sto trattando. Studiando il polso dell'antibraccio coll'idrosfigmografo vidi che i tracciati scritti dopo colazione erano tutti diversi da quelli che scriveva a digiuno il mattino.

I due tracciati qui uniti (fig. 41), rappresentano il polso del professor Albertotti alle 11, e l'altro il polso scritto alle 2 dopo

[1] A. Mosso, *Sulle variazioni locali del polso*. R. Accademia delle scienze di Torino, novembre 1877.

colazione. La frequenza del polso che a digiuno era 68 al minuto, nel secondo tracciato fu di 86.

Basta questo per dimostrare che una colazione anche leggera esercita una influenza sul cuore e sul tono dei vasi sanguigni.

Il tracciato A nella figura 42 riproduce il polso del prof. Pagliani prima della colazione. Quello B il polso dopo la colazione che si fece insieme nel Laboratorio, per evitare il dubbio che camminando potesse variare il polso.

Il mutamento che produce il cibo nella forma del polso è simile a quello che produce la fatica. Tale rassomiglianza sorprende, perchè a primo aspetto pare che dovrebbe succedere l'inverso. Paragonando i tracciati 41 B e 42 B scritti dopo la colazione, con quello scritto sopra di me dopo aver salito digiuno sulla Piramide Vincent (che ho riferito a pagina 63, figura 25) si vede che in entrambi i casi le pulsazioni diventarono più alte,

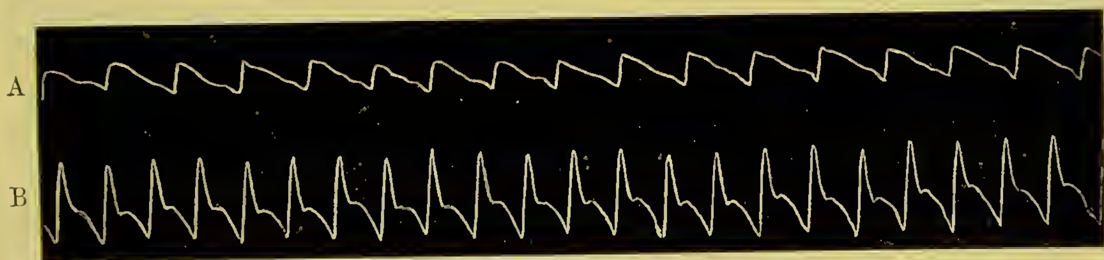


Fig. 42. — Prof. PAGLIANI.
A) Polso a digiuno. — *B)* Polso subito dopo aver mangiato.

e comparve verso il mezzo della linea discendente una elevazione secondaria, che chiamasi dicrotica. Come la fatica dilata i vasi sanguigni nei muscoli e produce un'anemia relativa, per mezzo della congestione di questi organi, così nella digestione, affluendo più copioso il sangue allo stomaco ed alle intestina si produce nel medesimo modo una deviazione di sangue, e si ottiene lo stesso effetto sul polso.

Questo è un lato del meccanesimo col quale può spiegarsi la rassomiglianza del polso nella digestione e nella fatica; ma il problema è più complesso, perchè i prodotti delle sostanze digerite generano effetti simili a quelli della fatica, quando penetrano nel sangue. Più che tutto sono i fenomeni nervosi quelli che modificano la circolazione del sangue. Infatti le variazioni nel polso come quelle dell'aumento nella forza dei muscoli osservate nel professor Maggiora compaiono subito, appena mangiato, prima che abbiano tempo di assorbirsi i liquidi e le sostanze introdotte

nello stomaco. Questo fa credere che si tratti qui di un fenomeno essenzialmente nervoso, e di un mutamento della circolazione sanguigna che modifica la sensazione di benessere o di malessere del nostro corpo, senza che vi sia una modificazione chimica e di nutrizione dei tessuti.

V

La fatica basta di per sè ad alterare la funzione dello stomaco. Il prof. Lauder Brunton in un lavoro suo pregevolissimo intorno ai disordini della digestione[1] scrisse queste parole: “ Vi sono degli uomini male guidati nelle loro abitudini, i quali credono che dopo una giornata di duro lavoro, faccia loro bene l'esercizio, e invece di riposarsi quando hanno un po' di tempo libero, fanno una passeggiata di tre o quattro miglia, oppure vanno a fare una lunga corsa in bicicletta prima del pranzo. La conseguenza di questo è che associando lo strapazzo del cervello a quello dei muscoli, si guastano la digestione e si ammalano. „

Zsigmondy dice che “ nel maggior numero dei casi il male di montagna è prodotto unicamente dall'imbarazzo gastrico, perchè il tourista arrivato dalla città non si è ancora abituato al regime alimentare della montagna[2]. „

Questa opinione del Zsigmondy che è divisa dalla maggioranza degli alpinisti andrà poco per volta modificandosi a misura che le gare e i *recòrds* in bicicletta renderanno più comune la conoscenza che i disturbi di stomaco, le nausee ed il vomito si producono anche nella pianura, dopo sei o sette ore di corsa. La fatica è la causa di questi inconvenienti, ed è inutile avvertire che non tutte le persone soffrono egualmente per la fatica.

Il dottor I. Salvioli fece nel mio Laboratorio una serie di ricerche intorno all'influenza che la fatica esercita sulla digestione[3].

Da questo studio risultò: — Che la fatica produce una diminuzione nella quantità del succo gastrico; — che il succo gastrico secreto perde molto del suo potere digerente; — che le sostanze alimentari passano dallo stomaco nell'intestino prima di essere

[1] T. Lauder Brunton, *On disorders of digestion, their consequences and treatment.* London, 1886, pag. 66.

[2] E. Zsigmondy, *Les dangers dans la montagne.* 1886, pag. 180.

[3] I. Salvioli, *Influence de la fatigue sur la digestion stomacale.* Archives italiennes de Biologie, Tome XVII, pag. 249.

digerite. È dunque tutta una serie di alterazioni che la fatica produce nello stomaco, e recentemente Colm confermava che il moto faticoso riesce nocivo alla digestione [1].

Non bisogna dunque fidarsi delle guide e tanto meno delle guide svizzere che sono abituate a mangiare ogni tre ore. Si deve mangiare solo quando uno ha fame e non guardare cosa fanno gli altri. Sopra tutto non lasciarsi incoraggiare dalle guide a bere troppo. Per le guide è una festa trovare i liquori ed il vino in abbondanza. Zsigmondy che fu un grande conoscitore delle guide lasciò questo avvertimento nei suoi scritti:

" Credo che l'alcool entri come un fattore negli accidenti che si deplorano sulle montagne. Il benessere che produce l'alcool ha un effetto brevissimo. La patata che si mangia dà più calore e più forza che l'alcool che da essa si distilla [2]. "

Il male di montagna lo trovai in persone che avevano lo stomaco completamente vuoto, e che il giorno prima avevano mangiato con buon appetito. Quando ero alla Capanna Gnifetti mi capitò di vedere alcuni che arrivarono dal Colle d'Olen digiuni e stavano bene. Andarono fino al Colle del Lys, qui si fermarono in causa ai disturbi di stomaco ed alla nausea. Tornarono indietro la sera, mangiarono con noi, e al mattino avendo digerito perfettamente partirono allegri per Gressoney.

Non fa bisogno di essere fisiologo per convincersi che la fatica altera la digestione. Per effetto di un'ascensione, o di una marcia prolungata, diviene minore la quantità dei succhi intestinali che continuamente vengono secreti dalle ghiandole. Se un freddo intenso non produce disturbi intestinali, generalmente si soffre stitichezza dopo un'ascensione. Chi fa attenzione s'accorge che la durezza maggiore delle feci non dipende da ciò che si fermarono più lungo tempo nell'intestino retto, o perchè siasi bevuto meno liquido. Anche senza aver delle conoscenze speciali sui processi della putrefazione che succedono nel nostro corpo, siamo spesso avvertiti di uno stato anormale del sistema digerente dall'odore caratteristico e insolito che hanno i gas intestinali.

Si potrebbe credere che la mancanza dell'appetito sia dovuta alla febbre della fatica, ma non è vero; perchè sul Monte Rosa ho trovato la temperatura quasi normale in persone che avevano ribrezzo per il cibo, tanto era grande l'inappetenza.

[1] Colm, *F. Ueber den Einfluss mässiger Körperbewegungen auf die Verdauung.* Deuts. Arch. f. klin. Med. XLIII, 239, 250.

[2] Opera citata, pag. 179.

VI.

Quanti fecero delle ascensioni, si sono accorti che il gusto si altera quando si toccano le vette delle montagne. Il prof. Ulrich descrivendo la sua ascensione al Monte Rosa fa notare che dopo una certa altezza bisogna aggiungere maggior quantità di sale ai cibi perchè questi siano gustosi e propone di portare solo carne salata od affumicata nelle ascensioni.

Il proverbio dice " dei gusti non se ne disputa „ e dovrei dilungarmi troppo se volessi riferire quanto mi hanno raccontato gli alpinisti. Tutti però sono d'accordo che il gusto cambia, e che bisogna risvegliarlo e stuzzicarlo con dei sapori piccanti. Anche questo è un effetto dello strapazzo. Tale cambiamento non lo provammo nel soggiorno alla Capanna Regina Margherita dove eravamo bene riposati. Solo in principio alcuni di noi perdettero l'appetito, e tutti lo riacquistarono quando furono completamente rimessi ed acclimati.

Questo era già capitato a Saussure nel soggiorno che fece al Colle del Gigante, dove essendosi fermato sedici giorni disse che quando arrivarono soffrirono tutti di inappetenza completa, e dopo digerivano benissimo: " La faim paraissoit plus inquiétante et plus impérieuse; mais aussi nous étions beaucoup plus faciles à rassassier, et mes digestions paroissoient se faire plus promptement que dans la plaine „ [1].

È vero però che si trovavano solo a 3365 metri di altezza dove un secolo più tardi la Regina d'Italia sorpresa da violenta bufera dovette passare una notte senza aver provato alcuna sofferenza.

Un anno prima di intraprendere l'ascensione al Monte Rosa mio fratello trovò insieme al dottor Paoletti [2] che lo zucchero ha il potere di aumentare la forza dei muscoli. Le ricerche coll'ergografo dimostrano che dal muscolo affaticato, può ottenersi una più grande energia bevendo semplicemente una soluzione di zucchero nell'acqua. La dose più favorevole sarebbe di circa una parte di zucchero su dieci parti di acqua. Questo potere dinamogeno dello zucchero, ci spiega perchè nelle Alpi si faccia in generale

[1] SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*. Tomo IV, pag. 318.

[2] U. MOSSO et L. PAOLETTI, *Influence du sucre sur le travail des muscles*. Archives italiennes de Biologie, Tome XXI, pag. 293.

maggior consumo di miele e di sostanze zuccherine che nella pianura.

Era nel programma dei nostri studi di esaminare l'influenza dinamogena dello zucchero nelle ascensioni, e mio fratello fece parecchie esperienze che rimasero interrotte dal cattivo tempo e dagli altri lavori sulla chimica della respirazione.

Alessandro Sella che non prendeva mai zucchero, nemmeno nel caffè, lo vidi sulle alpi mangiare zucchero in abbondanza e mi disse che faceva lo stesso suo padre, che anche lui si metteva dei pezzi di zucchero in tasca. Questo è un indizio col quale la natura ci fa sentire la sua voce indicandoci quale debba essere il regime nostro nella fatica, perchè non ho visto che succeda lo stesso per la carne ed i cibi a base di albumina.

Ho qui davanti l'elenco delle casse che servirono alla dispensa durante la nostra ascensione: esse contenevano le cose ordinarie che si adoperano nei viaggi e non c'è nulla di notevole. Avevamo portato con noi molta pasta di Napoli che mangiammo quasi ogni giorno: portammo pure del riso e dei legumi secchi, molte scatole di conserve di frutta, di verdura e di biscotti. Nel fare il programma della cucina prima di partire si ebbe cura di evitare la monotonia dei pranzi, in vista alla diminuzione probabile dell'appetito. Siccome era mio intendimento di mantenere lo stesso regime per quanto fosse possibile in alto e in basso, così anche nella Capanna Regina Margherita avemmo sempre la carne fresca. Già all'Alpe Indra, all'altezza di 2515 metri, cominciammo ad uccidere dei montoni che comperammo dai pastori. Da buoni piemontesi mangiammo spesso la polenta. Ci avevano detto che a 4000 metri non cuoce più bene, ma non è vero. La temperatura dell'ebollizione di 85°, come bolle l'acqua sul Monte Rosa, è più che sufficiente per cuocerla ottimamente.

Se alcuno credesse che le funzioni dello stomaco a 4560 metri non siano più regolari, dirò ciò che ho mangiato per due volte a pranzo: una buona porzione di aragosta presa dalle scatole condita con olio e limone e mangiata con tre o quattro fette di polenta arrostita sulle brace. Un po' di carne a lesso, con insalata di fagiolini e cocomeri presi nelle scatole delle conserve alimentari. Formaggio e frutta secca.

Peggio di così non potevo fare per mettere a dura prova lo stomaco. Eppure non ebbi alcun rimorso di queste esperienze. Più tardi, la sera, prendevamo il caffè od il thè mentre i soldati cantavano ed accompagnavano il canto suonando. Credo abbia giovato molto alla nostra salute il mangiar sempre vivande calde. Al mattino appena alzati prendevamo caffè, latte, thè o

cioccolata in abbondanza. Fino alla Capanna Gnifetti avemmo sempre del latte fresco di vacca che ci veniva portato dai pascoli sottostanti; dopo ci servimmo del latte condensato. A mezzogiorno e alla sera mangiavamo pure sempre dei cibi caldi. Ritengo indispensabile sulle Alpi di non sottrarre troppo calore all'organismo colle bevande e coi cibi freddi.

Il senatore Perazzi che fu uno dei più valenti alpinisti, mi raccontava che non soffrì mai il male di montagna. Una sola volta lo provò al Mont Combin, perchè al mattino prima di partire da un'alpe, dove aveva passato la notte, non gli fu possibile bere qualche cosa di caldo.

Il regime che tenemmo fu di mangiare e di bere come al solito e di non cambiare nulla. Ciascuno di noi dirigeva per turno la cucina: il soldato Marta e Cento sapevano cucinare abbastanza bene, tanto che io mi abituai a mangiare la carne di montone alla quale non ero assuefatto, e la digerivo, malgrado che l'odore suo non mi piacesse.

La prova sicura che la nutrizione era completamente normale l'abbiamo dalla tabella del peso del corpo di ciascuno. Beno Bizzozero aumentò di peso e nessuno di noi è diminuito malgrado la vita più attiva.

Prima di partire avevo fatto le provviste di combustibili. Un amico mi aveva raccomandato di prendere del carbone di litantrace vergine in formelle, perchè la legna fa troppa cenere. Per una eguale quantità di calore è vero che la legna costa di più, ed è meno comoda a portarsi; ma arrivato lassù mi persuasi subito che la legna è il combustibile più adatto. Nei giorni di tormenta, come avemmo a soffrire parecchie volte, credo che col carbone vergine, o col coke, avremmo dovuto spegnere la stufa per non rimanere asfissiati.

Quanti soffrono il male di montagna diventano estremamente sensibili agli odori della cucina. Taluni soffrivano in modo tale che preferivano uscire dalla Capanna mentre noi mangiavamo, o andavano nelle altre stanze per sottrarsi alla molestia di odori che per noi, se non erano piacevoli, certo non davano nausea come a loro.

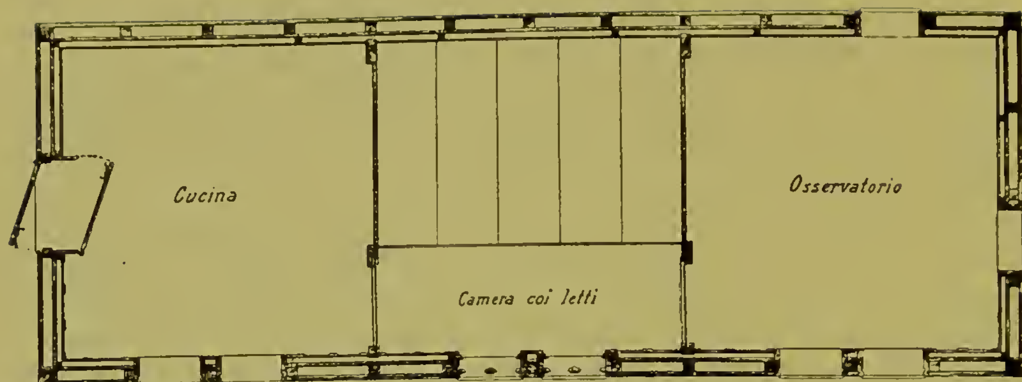
Non feci ricerche speciali sulla qualità e quantità dei cibi che sono igienicamente più favorevoli, nella vita alpina e durante le ascensioni. Come medico devo però accennare al pregiudizio di alcuni alpinisti i quali credono necessario mangiare molta carne e cibi grassi per difendersi dal freddo e diventare più forti. Il solo utile che abbiamo a mangiar carne, è che occorre un minore volume di alimenti per nutrirci.

Che non sia necessario mangiare della carne per essere forti, lo provano gli operai italiani e specialmente i contadini della Lombardia, che sono laboriosissimi e non mangiano quasi altro che polenta.

In Inghilterra ho veduto che le fatiche maggiori nelle fucine di ferro sono fatte da irlandesi, che non mangiano carne. Uno dei mestieri più gravi lo fanno i *metal carriers*. Questi operai sollevano pezzi di ferraccio di oltre 60 chilogrammi che spesso sono ancora caldi. Li afferrano con del cuojo alle mani, e si proteggono con dei grembiali di suola alle ginocchia. Sollevano questi pezzi di ferro in alto, e sbattendoli l'uno sull'altro, o sopra di una pietra, li infrangono. Ho parlato con questi operai e seppi che il loro regime è piuttosto di vegetali che di carne.

La conclusione mia è questa che non si deve cambiar regime quando uno vive sulle alpi. Anche quando uno vuole accingersi a grandi fatiche è meglio continuare coi cibi ai quali è assuefatto.

I viaggiatori dell'Asia centrale riconoscono tutti che i *coolies* i quali mangiano solo del riso, sono forti quanto gli europei, e resistono quanto noi al freddo ed all'aria rarefatta del Himalaja. I *Gurkha* portano 4 miriagrammi sulle spalle colla medesima facilità colla quale gli europei ne portano due. Convay fece l'ascensione del Monviso con due gurka ai quali diede 30 chilogrammi ciascuno: andarono sulla vetta con questo peso, ed uno che li vide mi disse che salivano tranquillamente senza sudare.



Piano della Capanna Regina Margherita (Scala di $\frac{1}{100}$).

CAPITOLO NONO.

La temperatura del corpo nelle ascensioni.

I.

I fisiologi avevano supposto che l'energia chimica dei muscoli (a somiglianza di quanto vediamo succedere nelle macchine a vapore e nelle macchine a gas) si trasformasse prima in calore e poi in energia meccanica. Dopo le ricerche di Pflüger e di Fick si ammette òra dai più che l'energia chimica si trasformi direttamente in lavoro meccanico nei muscoli, facendoli contrarre.

Per adoperare una parola tecnica (già entrata nell'uso comune) può dirsi che i muscoli non sono simili ad una macchina *termodinamica,* ma sì ad una macchina *chemodinamica.*

L'energia chimica contenuta negli alimenti si accumula a poco per volta in seguito della nutrizione nelle cellule nervose, nelle fibre muscolari e in tutti i tessuti del corpo sotto forma di materia organizzata. Questa energia chimica che era negli alimenti fatta materia del nostro corpo, rimane più o meno tempo inerte, allo stato di potenza assopita quasi chiusa nei tessuti in uno stato di tensione; sotto l'impulso del sistema nervoso e ad un momento voluto, la materia organica dei muscoli e del cervello stesso si disintegra e dà origine ad un'attività fisiologica, alla forza dei centri motori e dei muscoli.

Una parte di questa energia si dissipa sotto forma di calore e si diffonde nell'organismo riscaldandolo. Ma quasi nessuno crede più che il calore del nostro corpo si trasformi in lavoro mecca-

nico. Il lavoro fisiologico lascia come residuo il calore; questo non è la causa efficiente delle funzioni nervose, e muscolari, ma è l'ultima espressione e direi quasi la fuliggine e la scoria del lavoro fisiologico.

Abbiamo due mezzi per studiare le trasformazioni che succedono nel nostro corpo durante un'ascensione. Possiamo cioè raccogliere le scorie e le sostanze disintegrate, come facevano Fick e Wislicenus. La materia delle nostre cellule si trasforma e diviene simile alla materia inorganica a misura che da esse si sviluppa la vita ed il moto. Il sangue stesso si logora come ad esempio nelle ascensioni è dimostrato dal colore più rossiccio dell'orina. L'altro mezzo di studio consiste nel misurare il calore interno che accompagna il lavoro dell'ascensione.

Non ho studiato il primo argomento; ma le indagini recenti fatte sul Monte Rosa dal prof. Zuntz e da suo figlio, dai dottori Lœwy e dal dott. Schumburg, basterebbero per scrivere un capitolo nuovo nella fisiologia dell'uomo sulle Alpi[1]. Del secondo argomento dirò solo quanto può bastare al nostro bisogno.

Il calore che accompagna la trasformazione dell'energia durante un'ascensione, non è proporzionale nè alla durata nè alla intensità del lavoro meccanico compiuto dai muscoli.

Le esperienze più dimostrative di questa legge io ho fatte nel seguente modo. Scelsi a Valtournanche un portatore robusto che mi aveva servito per altre ricerche sul Breithorn. Il mio intento fu di studiarlo alla fine di settembre, quando era bene allenato, e di provarlo poi un'altra volta finito che fosse l'inverno.

Recatomi al Breuil misurai un'altezza di 400 metri fra Avuil e Chapellette. Riferisco per brevità solo una delle esperienze che feci. Egli pesava 74 chilogrammi e portava sulle spalle in una portantina[2] un peso di 40 chilogrammi. La sua temperatura interna,

[1] A. Lœwy, F. Lœwy und Leo Zuntz, *Ueber den Einfluss der verdünnten Luft und des Höhenklimas auf den Menschen.* Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie Bd. 66, pag. 477.

[2] Do la figura di questa portantina perchè la credo indispensabile a quanti si accingeranno a spedizioni sui ghiacciai. È il modello proposto da Vittorio Sella, che egli sperimentò con successo sulle più difficili vette delle Alpi e del Caucaso. Non c'è nulla di meglio, ch'io sappia, di questa portantina per il trasporto degli strumenti e delle provviste a grandi altezze. (V. Sella, *Nel Caucaso Centrale.* Bullettino del Club Alpino Italiano 1889, pag. 314). Dalla figura riesce abbastanza evidente la costruzione della portantina Sella. I peducci sono snodati e vengono irrigiditi mediante l'asticina di ferro, pur essa snodata, che si collega al piano orizzontale. Quando la portantina non è sulle spalle, i peducci vengono ripiegati e l'arnese prende una forma abbastanza regolare, di facile trasporto, e comoda per spedirne

facendo l'esperienza al mattino, aumentò da 37°,1 a 37°,5. La temperatura dell'aria era 12°, il cielo nuvoloso, con leggero vento.

Nel maggio successivo gli scrissi, e venne a Torino. Andammo in ferrovia fino a Sassi che dista 400 metri in linea verticale da Superga. Lo sviluppo della strada che unisce questi due punti è di 3900 metri. La strada per la medesima altezza è dunque più comoda e meno ripida che a Chapellette. La temperatura dell'aria 20°. Partimmo alle ore 4.7 pom. ed arrivammo a Superga alle 5.21, portando egli il medesimo peso di 40 chilogrammi. La temperatura rettale che era 37°,2 a Sassi, trovai 39° quando arrivò all'albergo di Superga.

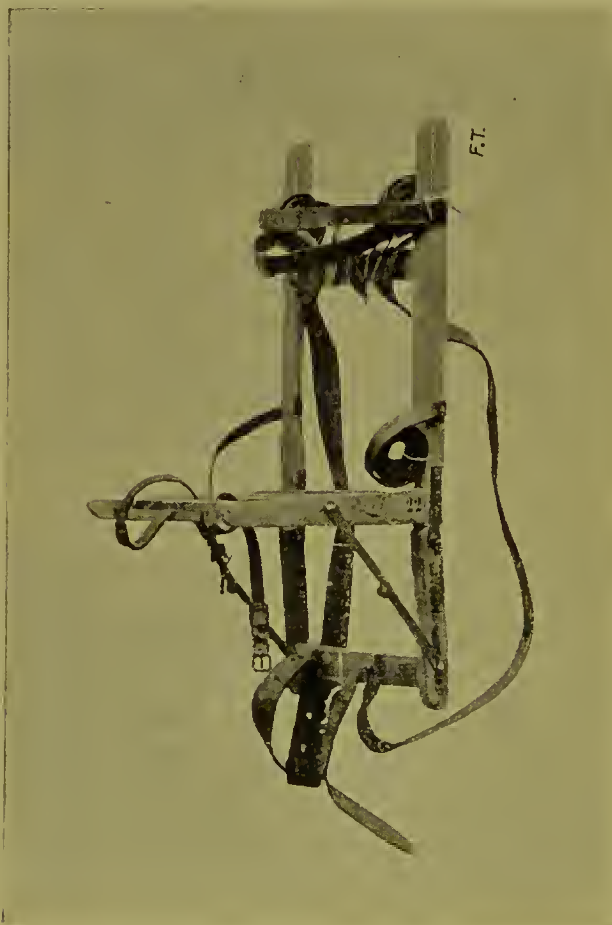


Fig. 43. — Portantina Sella.

La fatica di questa ascensione produsse dunque uno stato febbrile, mentre che per il medesimo peso e lo stesso lavoro meccanico, la temperatura interna si era mantenuta nei limiti fisiologici otto mesi prima.

L'allenamento è un' istruzione incosciente che diamo al sistema nervoso, il quale impara a far contrarre i muscoli nella giusta misura che occorre senza sciupio di lavoro chimico.

parecchie insieme come bagaglio sulla ferrovia. La portantina completa con tutte le striscie di cuoio per legare e portarla come uno zaino, pesa 1800 grammi. I montanti sono alti 45 centimetri dal piano orizzontale, il fianco è largo 28 centimetri, il fronte 33 centimetri.

Gli strumenti della nostra spedizione erano contenuti in dieci casse, ciascuna delle quali pesava circa diciotto chilogrammi e furono tutti portati sulla vetta del Monte Rosa per mezzo di portantine simili a questa e non si ruppe nulla.

II.

È dunque certo che la medesima persona, compiendo lo stesso lavoro non produce sempre una quantità stessa di calore. Ma vi è un'altra complicazione. Differenti persone le quali facciano contemporaneamente ed in condizioni simili il medesimo lavoro, neppur esse danno la medesima quantità di calore.

Tre studenti di medicina, i signori Chiesa, Forni, Ventrini, mi aiutarono[1] a fare tali ricerche. Consegnai a ciascuno un termometro a massimo e per tre giorni consecutivi misurarono 5 volte al giorno la loro temperatura. Le medie di queste osservazioni sono notate nella seguente tabella:

Temperatura media degli studenti Chiesa, Forni, Ventrini.

NOMI	ORE						Peso del corpo
	5 h. ant.	9 ant.	12 mer.	3 pom.	6 pom.	9 pom.	
Chiesa.	36°,9	37°,2	37°,2	37°,6	37°,5	37°	Ch. 65
Forni	36°,6	36°,8	36°,9	37°	37°,3	36°,8	„ 60,90
Ventrini	36°,9	37°	37°	37°,3	37°,1	37°	„ 61,40

Conosciuta così la temperatura normale nelle varie ore della giornata si cominciò una serie di gite da Sassi a Superga per la

[1] I termometri che adoperai erano a massimo e confrontati con un termometro campione di Baudin. Nei miei primi studi fisiologici sulle Alpi costrussi un apparecchio per misurare la temperatura dell'orina *. Questo metodo può avere in alcune circostanze qualche vantaggio e studiai con esso la mia temperatura interna durante un'ascensione sulla vetta del Monviso. I risultati che ottenni studiando la temperatura dell'orina, vanno d'accordo colle osservazioni che feci dopo misurando la temperatura dell'organismo nel retto. Gli altri metodi che adoperano spesso gli alpinisti mettendo il termometro sotto la lingua, o nella cavità dell'ascella, non servono. Per avere un'idea degli errori commessi nello studio della temperatura durante le ascensioni, ricorderò l'esempio di Lortet e Marcet i quali trovarono un raffreddamento del corpo salendo sul Monte Bianco. Se avessero misurato la temperatura nel retto, invece che nella bocca, avrebbero certo trovato un aumento. L'aria fredda passando per il naso e la respirazione più rapida aveva prodotto un raffreddamento della bocca, sebbene la temperatura nelle parti profonde del corpo fosse certo maggiore.

* A. Mosso. *Sopra un metodo per misurare la temperatura dell'orina.* R. Accademia dei Lincei, 3 giugno 1877.

strada carrozzabile che ho accennato, la quale sale 400 metri con un percorso di 3900. Nella tabella seguente delle osservazioni fatte, risulta che anche per gite piccole, può crescere molto la temperatura interna quando non siamo allenati. Nello studente Ventrini la temperatura salì da 37°,3 a 39°,5. Vi fu un aumento di 2°,2, cioè una vera febbre. Ciò successe non ostante che la velocità fosse moderata, e non si portasse alcun peso e la temperatura esterna fosse di soli 20° a 22°. Il giorno 14 maggio per la medesima gita si riscalda di meno, ed ha solo una temperatura di 38°,5, nel giorno 16 maggio anche meno, cioè 38°,3. — Si vede che per mezzo dell' allenamento la temperatura diminuisce.

In una serie di esperienze simili che feci con dei soldati la temperatura interna cresceva in media di 0°,3 a 0°,5. Non riferisco per brevità altre cifre per mostrare l' efficacia dell' allenamento, che sarebbero inutili dopo l'esempio che diedi in principio di questo capitolo. Gli alpini i quali erano con me sul Monte Rosa compirono sforzi massimi nelle ascensioni senza che quasi cambiasse la temperatura del loro corpo, tanto è diversa l'influenza che il sistema nervoso esercita sui processi chimici dell' organismo quando si compie uno stesso lavoro meccanico.

Cambiamenti prodottisi nella temperatura del corpo, nella frequenza del respiro e del polso per una piccola ascensione di 400 metri.

GIORNI	ORE	OSSERVAZIONI	TEMPERATURA			Respirazione			POLSO			Temperatura ambiente
			Chiesa	Forni	Ventrini	Chiesa	Forni	Ventrini	Chiesa	Forni	Ventrini	
	7,35	Partenza da Torino										
12 Maggio	10,—	arrivo a Superga	38°,15			20			100			16°
	11,25	dopo riposo	37°,4			18			87			
	1,20	arrivo a Torino	38°,0			20			96			
13 Maggio	4,7 p.	Partenza da Sassi										20° a 22°
	6,10	arrivo a Superga	38°,8	38°,5	39°,5	29	38	34	135	99	100	
	7,49	dopo riposo	37°,4	37°,2	37°,5	22	22	26	95	79	75	
	8,49	Partenza da Superga										
	9,—	arrivo a Sassi	37°,5	37°,6	38°,3							
	10,—	ritornati a Superga	38°,0	37°,8	38°,8	20	26	19	109	102	110	
	11,10	dopo riposo	36°,9	36°,9	37°,7	20	20	24	86	88	90	
14	1,40	ritornati a Torino	36°,9	37°,3	37°,1	18	19	20	88	78	75	
14 Maggio	5,10	Partenza da Sassi										20°
	6,10	arrivo a Superga	38°,5	38°,2	38°,5	20	22	20	118	87	112	
	7,16	dopo riposo	37°,1	37°,4	37°,8							
16 Maggio	7,26	Partenza da Sassi										16°
	8,26	arrivo a Superga			38°,3			23			90	

Forel, professore di fisiologia generale a Lausanne, scrisse due memorie pregievoli, sui cambiamenti di temperatura nell'atto dell'ascensione sulle montagne[1]; avrò altra occasione di citare questo lavoro, che certo è uno dei migliori nella letteratura alpina. Mio fratello studiando l'influenza del sistema nervoso sulla temperatura animale[2] osservò che quando facciamo una marcia, la temperatura aumenta nel principio, e che continuando a camminare diminuisce progressivamente, benchè facciamo sempre il medesimo lavoro. Ciò vediamo anche nella tabella delle esperienze fatte a Superga, dove ritornando una seconda volta a Superga in tutti tre gli studenti la temperatura è rimasta di 0°,7 e 0°,8 inferiore a quella che avevano nella ascensione precedente fatta quattro ore prima. È questa un'altra prova che il calore prodotto non corrisponde al lavoro compiuto dai muscoli. Vi è un eccitamento nervoso, il quale, quasi un'emozione incosciente, accompagna ogni estrinsecazione dell'attività nervosa, e rende impossibile ogni calcolo di equivalenza termodinamica.

Il funzionamento dell'energia chimica nei muscoli è tanto più perfetto, quanto meno si riscaldano, e quanto è maggiore il lavoro che essi producono. L'esempio che ora riferisco desterà meraviglia nei fisiologi, perchè nessuno avrebbe imaginato che un uomo possa compiere un lavoro che supera di tanto la misura ordinaria, senza che quasi si modifichi la temperatura interna, e che a 4500 metri uno possa eseguire impunemente tale sforzo muscolare. Si tratta del caporale Iachini, che io ritengo essere uno degli uomini più forti, e la macchina più perfetta d'uomo che io abbia mai conosciuto.

Il giorno 10 agosto partì dall'accampamento presso la Capanna Linty (3047 m.) scese a Gressoney St. Jean (1385 m.) per incontrare la carovana dei soldati che venivano da Ivrea ed accompagnarli con un'altra guida alla Capanna Regina Margherita. Alle ore 7 del giorno successivo era ritornato alla Capanna Gnifetti (3620 m). Il giorno 12 partiva coi suoi compagni alle 5.40 e arrivò alla Capanna Regina Margherita alle ore 9.7. Dalla Capanna Gnifetti partì con due miriagrammi di legna sulle spalle. Arrivato al colle Gnifetti un soldato per nome Chamois sentendosi male, il caporale Iachini prese sulla sua portantina anche il sacco di questo soldato che pesava circa 18 chilogrammi. Carico a questo modo

[1] F. A. Forel, *Expériences sur la temperature du corps humain dans l'acte de l'ascension sur les montagnes*. — Genève et Bale, 1871, 1874.

[2] U. Mosso, *Influenza del sistema nervoso sulla temperatura animale*. — Accademia di medicina di Torino, 1885.

lasciò agli altri la cura di sorreggere il compagno che soffriva il male di montagna e salendo a zig-zag il ripido ghiacciajo della punta Gnifetti arrivò nella Capanna prima degli altri, con un ca-



Caporale Iachini.

rico sulle spalle di circa 40 chilogrammi contando il peso della portantina.

Lo esamino subito, perchè egli sapeva che desideravo conoscere la sua temperatura nei massimi sforzi che può fare l'uomo.

Ore 9.10, cioè tre minuti dopo arrivato alla capanna. Temperatura rettale 37°,4. Polso 85. Respiro 26.

Ore 9.24, dopo aver letto una lettera che era giunta alla capanna il giorno precedente e che egli aspettava con desiderio. Temperatura 36°,5. Polso 74. Respiro 18.

Ore 9.38. Temperatura 36°,5. Polso 73. Respiro 18.

La temperatura del suo corpo per uno sforzo supremo si era alzata di pochi decimi di grado, e dopo un quarto d'ora, malgrado una leggera emozione, era già tornata alla temperatura del riposo che in lui era 36°,5.

Qui, oltre l'allenamento si tratta di una costituzione perfetta dell'organismo, quale di rado ci accade di ritrovare nella fisiologia dell'uomo. Come ricordo mi piace di presentare al lettore la fotografia del caporale Iachini.

Capitolo Decimo.

Le differenze individuali.

I.

In Gartok, sul versante dell' Himalaja, verso il Tibet, si tiene ogni anno una fiera all'altezza di 4598 metri. La fiera succede in agosto e vi accorrono migliaia di persone da tutte le parti dell'Asia centrale. Siccome le case non bastano per tutti, la gente porta con sè delle tende nere, sotto le quali si tiene il mercato, che è certo il più alto nel mondo. Ad Hánle nel Ladak e intorno ai laghi Mansaraur e Rakus, vi sono dei monasteri ancora più alti (4619 metri) che sono abitati tutto l'anno da monaci buddisti. Le pecore selvagge, le gregge e i pastori stanno intorno ad altezze maggiori [1].

I fratelli Schlagintweit i quali descrissero minutamente le popolazioni che vivono nelle regioni più elevate dell'Asia, non dicono che siano diverse da noi. Jourdanet avendo studiato in modo speciale il torace dei Messicani, conchiuse " que parmi les hommes dont la vie entière s'est passée au milieu d'un air aux trois quarts de sa pression, le thorax n'a point acquis un développement plus grand qu'au niveau de la mer „ [2].

In Europa verso i 3000 metri comincia per molte persone il male di montagna. Invece in America a 3960 metri vi è la città di

[1] Hermann, Adolph and Robert Schlagintweit, *Results of a scientific mission to India and high Asia.* Leipzig, London, 1862, vol. II.

[2] Jourdanet, *Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme.* Tome I, 321.

Potosi, celebre per le sue miniere d'argento, che una volta contava 160 000 abitanti.

In questa regione che sta sotto l'equatore, Alessandro Humboldt fece negli ultimi mesi del secolo scorso il tentativo della sua ascensione sul Chimborazo. Arrivato alla regione delle nevi perpetue, che là incomincia ad un' altezza un poco superiore alla vetta del Monte Bianco, gli indigeni lo abbandonarono.

" Les Indiens, à l'exception d'un seul, nous abandonnèrent à une altitude de 15 600 pieds (4753 m.). Prières, menaces pour les retenir furent vaines; ils prétendaient souffrir beaucoup plus que nous. „ Quando giunsero all'altezza di 5800 metri, Humboldt descrive lo stato suo e dei compagni: " Nous commençames tous, par degrés, à nous trouver très mal à notre aise. L'envie de vomir était accompagnée de quelques vertiges, et bien plus pénible que la difficulté de respirer. Nos gencives et nos lèvres saignaient. La tunique conjonctive des yeux était, chez nous tous sans exception, gorgée de sang. À l'époque de la conquête de la région équinoxiale de l'Amérique, les guerriers espagnols ne montèrent pas au dessus de la limite inférieure des neiges perpétuelles, par conséquent pas au dela de la hauteur du Mont-Blanc, et cependant Acosta, dans son *Historia natural de las Indias,* parle en détail "des malaises et de crampes d'estomac, comme de symptômes douloureux du *mal de montagne* „ qu'on peut comparer au mal de mer. „

Ricordai questo passo di Humboldt, perchè molti danno una grande importanza al freddo. Qui vediamo nelle regioni equatoriali, che mentre la temperatura era superiore al gelo, furono egualmente gravi i sintomi del male di montagna su altezze come quella del Monte Bianco, e che gli indigeni invece di essere immuni nelle regioni più elevate della terra, soffrirono più degli europei.

II.

Mattia Zurbriggen di Macugnaga è ora la guida che è stata più in alto di tutti gli uomini. Appena egli fu di ritorno dall'Himalaja andai a visitarlo e, fatta con lui una piccola gita sul Monte Rosa, lo pregai di venire alcuni giorni nel mio laboratorio per poterlo studiare con maggior comodo. Per la fisiologia dell'uomo sulle Alpi era per me una cosa fondamentale di conoscere a fondo quest'uomo. il quale ha resistito tanto all'aria rarefatta. Zurbriggen è stato

con Martino Conway sul Pioneer Peak il quale è alto 6888 metri. A quel punto, dice Conway " ci sentivamo tutti deboli e sofferenti come uomini che si alzassero allora da letto dopo una malattia, ma Zurbriggen fu ancora capace di fumare un sigaro „ [1]. Zurbriggen stava ancora discretamente a quell'altezza; certo appena uno si muoveva provava un po' di soggezione, e nessuno



Mattia Zurbriggen.

si sarebbe legate l' una dopo l'altra le scarpe senza tirare bene il fiato, diceva lui; ma ciò malgrado egli creda che camminando adagio si potrebbero fare altri due mila metri. Così Mattia Zur-

[1] " All felt weak and ill, like men just lifted from beds of sickness, but Zurbriggen was able to smoke a cigar. „ — W. MARTIN CONWAY, *Climbing and Exploration on the Karakoram-Himalayas*. London, 1894, pag. 522.

briggen non mette in dubbio che l'uomo possa toccare la vetta più alta della terra, che sta 4000 metri sopra la vetta del Monte Bianco.

Nel 1895 Mattia Zurbriggen andò sulle Alpi meridionali della Nuova Zelanda col signor Fitz Gerald, e quest'anno in gennaio giunse sulla vetta dell'Aconcagua, nel Chili, tentata prima dal Güssfeldt. Fitz Gerald dovette fermarsi qualche centinaio di metri più in basso, ma Zurbriggen, che l'accompagnava, giunse alla cima del vulcano Aconcagua alta 6970 metri. Questa è l'altezza maggiore che l'uomo abbia fino ad ora raggiunto sulle montagne. Fitz Gerald ritiene che l'Aconcagua superi i 24 000 piedi (7320 m.).

Mattia Zurbriggen nel 1894 quando lo esaminai, aveva 38 anni, pesava 67 chilogrammi, era alto metri 1,68. La forza dei muscoli

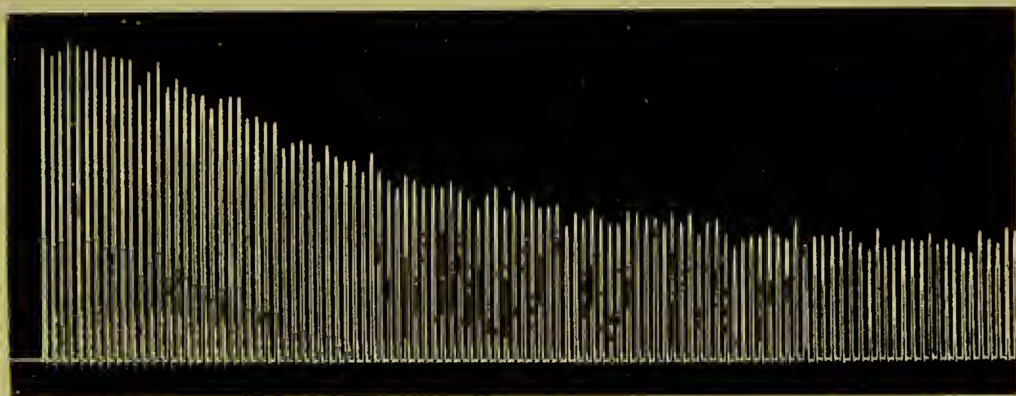


Fig. 44. M. ZURBRIGGEN.
Curva della fatica scritta coll'ergografo sollevando 4 chilogrammi ogni 2 secondi.

l'ho studiata per mezzo dell'ergografo. Sollevando 4 chilogrammi col dito medio dà il tracciato 44 dal quale appare che la forza delle sue mani non supera la media, ma che egli resiste alla fatica più del normale. Nella riduzione fotografica questo tracciato riuscì due decimi più piccolo dell'originale.

Il polso di Zurbriggen è alquanto irregolare; infatti contando di seguito per quattro minuti non ottengo lo stesso numero di pulsazioni: 55 - 60 - 63 - 66. Cuore normale. Il respiro lo scrissi col pneumografo doppio di Marey, applicato contemporaneamente sul torace e sull'addome. Nella fig. 45, la linea superiore rappresenta il tracciato della respirazione toracica, la linea inferiore rappresenta la respirazione addominale. Anche qui trovai il ritmo e la profondità comune. Parlerò in seguito di altre osservazioni che feci sopra Zurbriggen; noto solo che nulla farebbe presagire in lui una resistenza tanto grande.

Alcuni fisiologi attribuirono l'immunità pel male di montagna allo sviluppo preponderante del torace. La capacità vitale di Zurbriggen è 3800 c.c., cioè un poco maggiore della media, che per la sua statura di 1,68 m. sarebbe di 3500. Guardando la sua fotografia, ciascuno si persuade che certo l'ampiezza sua del torace non è eccezionale. Il perimetro toracico è metri 0,91.

Ho studiato minutamente il corpo e le funzioni del sistema nervoso di altre guide ed alpinisti celebri, e neppure vi trovai alcuna differenza colla comune degli uomini. La prima idea che viene è che l'eccellenza di una guida, o di un alpinista, dipenda

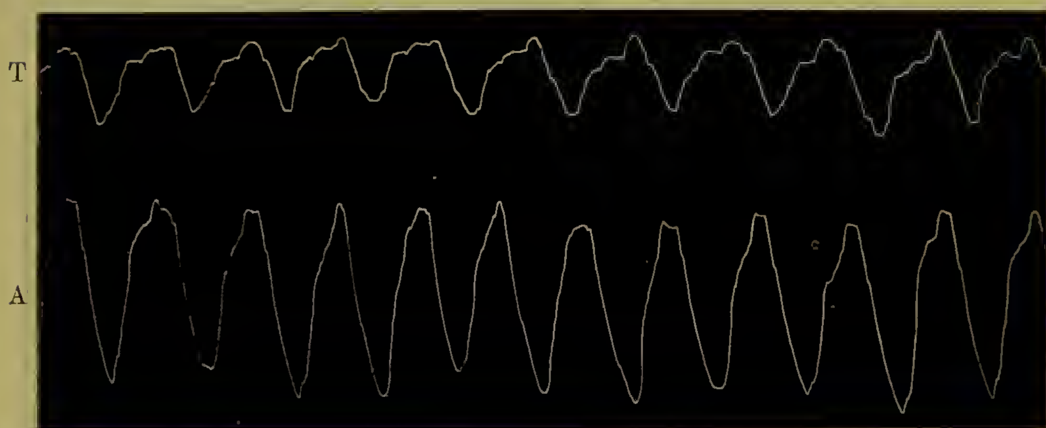


Fig. 45. — Zurbriggen.
Tracciato del respiro toracico *T)*. — Addominale *A)* scritto contemporaneamente.

dalla forza dei muscoli. Il tracciato scritto coll'ergografo prova che anche questa energia maggiore dei muscoli non esiste. Le gambe di Zurbriggen le paragonai colle nostre, e certo non erano più voluminose di quelle dell'inserviente Giorgio e di parecchi i quali frequentano il Laboratorio e che soffrirono forte il male di montagna. Conosco del resto degli alpinisti celebri e delle guide che hanno le gambe sottili. Devo quindi conchiudere che non sono riuscito a conoscere una differenza fisica o funzionale che distingua dagli altri uomini, l'uomo che tiene oggi il primato negli annali dell'alpinismo per essere salito ad un'altezza, alla quale nessuno è giunto fino a qui prima di lui.

III.

Le differenze che vi sono fra gli uomini per rapporto all'aria rarefatta si trovano eguali per l'aria compressa. Ciò ho veduto a Spezia, nella scuola speciale per i palombari. Alcuni marinai scendevano a 40 metri sott'acqua, che sono 4 atmosfere. Altri non potevano scendere a 8 metri che già cominciavano a sentirsi male. Chiudevano la valvola, l'apparecchio si riempiva d'aria e venivano a galla. Siccome per i marinai delle torpediniere è un guadagno l'essere approvati come palombari, perchè sono pagati ad ore quando lavorano sott'acqua, così era escluso il dubbio che non facessero questi esercizi colla migliore volontà. Ho veduto un soldato provare parecchie volte, e sempre tornava a galla prima che avesse toccata la profondità di circa 10 metri, sebbene provasse a scendere adagio per acclimarsi alla pressione aumentata.

L'opinione mia è che si deve cercare nel sistema nervoso, assai più che nel sangue, la causa di queste differenze individuali. Paolo Bert capì che il male di montagna non poteva dipendere solo dalla mancanza di ossigeno, perchè vi sono degli uomini i quali passano la loro vita ad altezze dove altri non possono reggere le sofferenze. Egli suppose per rimuovere tale obbiezione che si modificasse la composizione del sangue e che l'adattamento consistesse nella produzione di un numero maggiore di corpuscoli rossi, ed in una modificazione della emoglobina [1].

Nessuna di queste ipotesi trovò l'appoggio dei fatti. Jourdanet afferma che nelle alte regioni gli uomini sono generalmente anemici. Ho esaminato il sangue di Zurbriggen pochi mesi dopo che era sceso dall'altezza di 6888 metri e trovai che il suo sangue era normale. Il numero dei corpuscoli, la densità sua, la sostanza colorante dei corpuscoli erano come nella maggioranza degli uomini.

È singolare che alcune persone le quali hanno resistito a depressioni fortissime, sentano il male di montagna ad altezze poco considerevoli. Riferisco l'esempio di Gastone Tissandier.

La catastrofe dello Zenith produsse venti anni fa una emozione così profonda, che molti la ricorderanno ancora. Voglio dire della fine tragica di Sivel e Croce-Spinelli.

Credo utile per mostrare meglio l'azione dell'aria rarefatta ci-

[1] P. Bert, *Op. cit.*, pag. 1108.

tare un frammento della relazione, che Tissandier pubblicò nel suo giornale la *Nature:*

" A 7000 mètres, Sivel, qui était d'une force physique peu commune et d'un tempérament sanguin, commençait à fermer les yeux par moments, à s'assoupir même et à devenir un peu pâle. Mais cette âme vaillante ne s'abbandonait pas longtemps aux mouvements de la faiblesse: il se redressait avec l'expression de la fermeté: il me faisait vider le liquide contenu dans mon aspirateur après mon expérience, et il jetait le lest par dessus bord pour atteindre des régions plus élevées.

" Vers 7500 mètres, l'état d'engourdissement où l'on se trouve est extraordinaire. Le corps et l'esprit s'affaiblissent peu à peu, graduellement, insensiblement, sans qu'on en ait conscience.

" Bientôt, je veux saisir le tube à oxygène, mais il m'est impossible de lever le bras. Mon esprit cependant est encore très lucide. Je considère toujours le baromètre.

" Je veux m'écrier: " Nous sommes à 8000 mètres. „ Mais ma langue est comme paralysée. Tout à coup je ferme les yeux et je tombe inerte, perdant absolument le souvenir. Il était environ 1 h. 30 m.

" À 3 h. 30 je rouvre les yeux, je me sens étourdi, affaissé, mais mon esprit se ranime. Le ballon descend avec une vitesse effrayante. Mes deux compagnons étaient accroupis dans la nacelle, la tête cachée sous leurs couvertures de voyage. Je rassemble mes forces et j'essaye de les soulever. Sivel avait la figure noire, les yeux ternes, la bouche béante et remplie de sang. Croce avait les yeux à demie fermés et la bouche ensanglantée.....

" En mettant pied à terre, j'ai été pris d'une surexcitation fébrile, et je me suis affaissé en devenant livide. J'ai cru que j'allais rejoindre mes amis dans l'autre monde. „

Il pallone Zenith aveva raggiunto l'altezza di 8600 metri. Erano in tre nella navicella e solo Gastone Tissandier è scampato.

Il primo pensiero è che Tissandier fosse più robusto degli altri suoi due compagni. Invece sopravvisse perchè era meno resistente all'azione dell'aria rarefatta. Egli cadde prima degli altri in sopore, e fu il sonno che lo ha salvato. Per brevità non ho riferito una parte della relazione dove risulta che i suoi compagni erano ancora in movimento, e lavoravano attivamente, mentre egli era già così debole che non poteva neppur voltare la testa per guardarli. Il sonno profondo nel quale cadde Tissandier potè smorzare per qualche tempo le funzioni della vita e condurlo incolume nelle regioni più elevate dell'atmosfera. Gli altri due consumarono fino all'ultimo la loro energia, e perirono di esaurimento per la rare-

fazione dell'aria ed il freddo, come abbiamo già veduto che sono morti i fratelli Zoja per una rarefazione meno considerevole dell'aria ed una fatica molto maggiore. Ritornerò ancora su questo soggetto parlando del sonno.

Che Tissandier non sia per la costituzione sua un buon alpinista malgrado l'ascensione sua a 8600 metri, si vide più tardi quando cercò di salire sul Monte Bianco. Prendo queste notizie da uno scritto del signor Vallot, nel quale descrive la costruzione del suo osservatorio sul Monte Bianco [1]. Nell' estate del 1890 il signor Vallot mentre stava nella sua capanna sopra la vetta del Monte Bianco per mezzo del telegrafo ottico seppe dalla sua signora la quale trovavasi a Chamonix che il signor Gastone Tissandier partiva per fargli una visita sul Monte Bianco. È meglio però sentire come racconta la cosa il signor Vallot stesso, perchè il fatto conservi il suo colore alpino.

“ Vers 2 h. du matin, nous étions reveillés en sursaut par des coups violents frappés à la porte. C'étaient deux de mes porteurs, munis de lanternes et arrivant avec leurs charges. Comme je leur demandais, non sans étonnement, par suite de quelle bizarre fantaisie ils arrivaient à cette heure, ils me remirent deux lettres: l'une était de M. Gaston Tissandier qui me disait qu'il avait été frappé d'insolation en montant aux Grands-Mulets et qu'il ne monterait pas plus haut, l'autre était de son ami M. Launette, qui m'avertissait que l'état de M. Tissandier avait empiré, que la fièvre et le mal de montagne s'étaient joints à l'insolation, et, enfin, qu'en proie à la plus vive inquiétude il me demandait mon avis et mon aide.

“ Il faut six heures pour monter des Grands-Mulets aux Bosses, mais en revanche la descente est rapide; aussi en une heure nous arrivions à la cabane. Heureusement M. Tissandier allait beaucoup mieux: nous causâmes longuement pendant qu'il aspirait l'oxigène que javais apporté, puis complètement remis par le gaz vital, il se leva. et put redescendre d'un pas ferme à Chamonix.„

IV.

L'alpinista che traversa le Alpi al Gran San Bernardo, al Moncenisio, od altrove, guarda sempre con ammirazione quelle strade che passano così in alto. e le contempla come un trionfo della civiltà moderna. Eppure molti secoli prima si erano già

[1] I. Vallot, *Annuaire du Club Alpin Français*. XVII, vol. 1890.

fatte delle strade più grandiose ad altezze maggiori. Nel Perù gli Incas avevano costruito delle strade larghe più di sei metri ad altezze che superano tutti i nostri valichi alpini.

Humboldt nei suoi Quadri della Natura descrisse quelle ruine: " Le strade romane che ho vedute in Italia non sono certo più imponenti di queste opere degli antichi peruviani, che ho trovato all'altezza di 12 440 piedi, e ad eguale altezza trovai le ruine del palazzo dell'Inca Tupac. Sono strade che si estendono per 46 miglia geografiche, alcune pavimentate con delle pietre piane, altre fatte con cemento e pietruzze (macadam) attraversavano dal mare le Ande e le Cordigliere [1]. „

È con un sentimento di meraviglia e di commiserazione profonda che noi pensiamo ai ruderi di queste opere gigantesche fatte da un popolo laborioso nelle regioni più elevate della terra, prima che gli Europei vi portassero lo sterminio e la desolazione.

Una strada che può rivaleggiare con queste descritte dall'Humboldt, è la ferrovia del Pacifico, che nell'altipiano delle Cordigliere al passo Evan supera i 2500 metri.

Supponendo che vi fosse una differenza nelle razze, volli informarmi sulla vita degli operai e degli ingegneri che lavorarono per fare la ferrovia del Pacifico. Il dott. Paolo de Vecchi di S. Francisco in California, mio compagno di studi, volle gentilmente procurarmi delle notizie avute dall'ing. Giorgio Davidson e da altri suoi colleghi ingegneri, che costruirono la parte più difficile della ferrovia del Pacifico.

Riferisco alcuni passi di questa lettera del sig. Davidson:

" Le cime più alte delle montagne di California, dove io sono stato per delle settimane e qualche volta per dei mesi, sono quelle situate lungo la ferrovia del Central Pacific che si elevano fino a 4000 metri. A 3000 metri di altezza ho potuto fare molto lavoro fisico, malgrado le più svariate circostanze, e quasi non mi accorgevo della elevazione. Al Monte Lola, alto 3090 metri, uno dei miei amici che visitava la stazione, non poteva rimanere sotto la mia tenda. Fu obbligato a mangiare e bere stando di fuori, perchè diceva che, nel chiuso, aveva una singolare sensazione di malessere. Era specialmente della testa ch'egli si lagnava e non poteva vincere l'ansietà, nè darsi pace, chè pareva temesse l'approssimarsi di qualche malanno alla sua ragione. Questa sensazione di malessere, era grandemente alleviata, quando fuori della tenda poteva vedere intorno le piante, gli animali e le roccie. Eppure eravamo

[1] A. Humboldt, *Ansichten der Natur*. Das Hochland von Caxamarca.

almeno venti uomini occupati a lavorare e nessuno ebbe a soffrire. Dieci di noi si fermarono colà due mesi e mezzo senza inconvenienti ed io lavoravo sino a 15 ore al giorno.

" Al San Bernardino, alto 3900 metri, l'ultimo tratto è così ripido, che cavalcando cogli asini, non vi si può andare. Qui dovetti fermarmi ogni 30 metri, perchè il cuore batteva 137 volte al minuto, e la mia respirazione giungeva a 60 e tenevo la bocca aperta. Salendo presi sempre ad ogni fermata un cucchiajo di brandy con un po' di neve. Però io ebbi per ben due volte un subitaneo e forte dolore pungente al cuore. Giunsi alla cima, e dopo pochi minuti di riposo, mi incamminai lungo la cresta della roccia senza alcun disturbo.

" Sono sempre stato un lavoratore con gran potere di resistenza e posso dire che per circa 50 anni ho lavorato in media 15 ore al giorno, senza riposarmi neppure le domeniche.

" Nel 1885 in seguito ad una forte emozione mi trovai col cuore intermittente ed irregolare. Però dopo un anno ero ritornato normale e fino ad ora stetti sempre bene.

" GIORGIO DAVIDSON. „

Ho raccolto altri documenti sull'alpinismo americano, ma oramai tutti sanno che non esiste una superiorità della razza sassone in quanto alla fatica, sebbene abbia dato il maggior contributo di forti alpinisti. Infatti le guide italiane sono quelle che fecero la prova migliore nelle grandi ascensioni in tutti i climi.

V.

La maniera di sentire è cosa affatto individuale e non tutte le persone reagiscono allo stesso modo.

Mi fermai una volta parecchi giorni all'ospizio del Gran San Bernardo (2472 m.) ed una settimana al piccolo San Bernardo (2153 m.) e quivi ho veduto che molti a queste piccole altezze presentano dei fenomeni del male di montagna. Alcuni arrivano con un respiro ansante, e si fermano di quando in quando nell'ultimo tratto della salita. Arrivati all'Ospizio, non mangiano. Nella notte non dormono, hanno una sensazione come di febbre. Di questi ve ne sono alcuni che il giorno dopo alzandosi non sentono più nulla, altri invece vogliono partire subito. Certo fu per accidente, ma durante il mio soggiorno soffrirono di più due persone che erano

venute da Martigny, mentre che delle carovane numerose venute dalla parte di Aosta nessuno ebbe sintomi di malessere.

Il dott. Courten di Zermatt mi raccontò che una signora ebbe i fenomeni del male di montagna al Riffelalp (2127 m.) ed un'altra al Görnergrat (3136 m.). Egli esaminò queste signore, ma non aveva riscontrato in esse alcun vizio di cuore.

A Gressoney la Trinità (1627 m.), dove mi reco da parecchi anni a passare un mese nell'estate, ho veduto che sono specialmente le persone grasse che nei primi giorni si lagnano dell'aria sottile. Questo si spiega perchè hanno un peso maggiore da portare in alto nelle passeggiate. Ma anche dei magri, io vidi soffrire appena arrivati. Generalmente si lagnano di mal di capo, non dormono bene, hanno oppressione di respiro, specialmente la notte, e sono apatici. In una signorina la nausea ed il vomito durarono circa due giorni.

Ma anche più sotto, a Gressoney St. Jean, alcuni non respirano bene e si lagnano di insonnia. Eppure sopra, a Gressoney la Trinità, vi è un gruppo di case a 2037 metri dove gli abitanti passano l'inverno. Moutei infatti è uno dei luoghi abitati, tra i più alti d'Europa. — Raccontavo questo ad un mio amico un po' grasso mentre passeggiavo con lui poco sotto Moutei. — Sta bene, disse, ma intanto il primo giorno che sono venuto fin qui avevo le traveggole e mi sentivo mancar sotto le gambe unicamente per l'aria rarefatta; del resto stavo benone e in pochi giorni mi abituai a salire più in alto.

Il prof. G. Pisenti, in un suo articolo sul male di montagna [1] scrive che allorquando si trovava come medico all'Abetone nell'Appennino toscano soffrì il male di montagna ad altezze poco considerevoli.

“ Lo stabilimento climatico è a 1380 metri. Io che dormo saporitamente almeno 10 ore di seguito, soffersi per tutto il tempo che stetti lassù di insonnia, perdetti l' appetito e dimagrai, ed avendo un giorno voluto salire sul Libro Aperto (1800) non potei assolutamente giungere alla vetta, tanto mi aveva preso un senso di stanchezza invincibile, e di più un affanno di respiro ed un senso di oppressione. „

Scrissi al prof. Pisenti per avere maggiori informazioni sul suo stato ed egli mi rispose: “ Fui all'Abetone nel mese di settembre, quando omai l'affluenza dei forestieri era cessata, per cui pochissimo era il lavoro, tanto più che quasi tutti godevano ottima salute. Mi trattenni solo una diecina di giorni perchè le sofferenze

[1] *In alto,* Cronaca bim. della Società Alpina friulana. 1895, 68.

mie erano giunte ad un grado massimo, specialmente per l'insonnia, che non potei combattere in nessun modo. Appena partii dall'Abetone e mi recai a Bologna, riposai subito tranquillamente, scomparendo l'insonnia come per incanto. Negli ultimi giorni all'Abetone mi tormentò assai la perdita dell'appetito che era giunta a tale da produrmi ripugnanza qualunque cibo eccetto il latte. „

I dolori che provano nelle cicatrici alcune persone quando il barometro si abbassa e il malessere che annuncia alle persone nervose l'avvicinarsi di una burrasca, sono esempi i quali dimostrano la grande sensibilità di alcuni uomini per la rarefazione dell'aria.

È una legge della vita che le azioni fisiologiche non corrispondano mai ad una formula esatta quantitativa.

VI.

Giovanni Antonio Carrel mi raccontò di un inglese cui condusse dal Riffel al Breithorn. Quando furono sul Plateau del Breithorn l'inglese cadde a terra come morto.

Questo alpinista, prevedendo che non sarebbe stato bene, aveva preso due guide e due portatori, coll'avvertimento di non inquietarsi del suo stato e l'ordine di condurlo al Breuil anche portandolo ove occorresse. Sul ghiacciaio camminava come se fosse ubbriaco. Lo si doveva reggere sotto le ascelle, perchè tratto tratto si addormentava e cadeva. Passarono la notte alla capanna del Teodulo, e, scesi al Breuil, sentirono con grande meraviglia che voleva tentare l'ascensione del Cervino. Tutti in coro cercarono dissuaderlo, ma egli insistette. Disse che era abituato a quelle sofferenze del primo giorno, e li assicurò che non avrebbe più avuto alcun malessere. Infatti il giorno dopo con piede fermo cominciò ad arrampicarsi su per le roccie del Cervino.

Non conosco altri esempi di un acclimamento più rapido. Se incomodi tanto gravi scompaiono in brevissimo tempo, dobbiamo conchiudere che il male di montagna non dipende dal sangue, perchè il numero dei corpuscoli rossi, e la quantità del ferro, ossia di emoglobina che essi contengono, non può cambiare sensibilmente in due giorni. Solo il sistema nervoso è capace di così rapidi adattamenti.

Ma non tutti hanno eguale facilità nell' acclimarsi. L' esempio del prof. Pisenti è molto istruttivo in questo riguardo. Ho veduto delle persone robustissime che dopo essersi fermate 4 o 5 giorni

nella Capanna Regina Margherita, non potevano acclimarsi e di notte si svegliavano e si alzavano per l'ambascia del respiro. Appena tornati in basso a 2500 metri dormivano tutta la notte con un sonno di piombo.

A sostegno dell'ipotesi che attribuisce alla mancanza di ossigeno il male di montagna, si è detto che negli uomini i quali vivono in alto oltre i 3000 metri, i polmoni sono già preparati dalla nascita per il loro sviluppo e la loro struttura alla rarefazione dell'aria. Ma non è vero, perchè anche fra gli indigeni nati sui fianchi delle montagne più alte nell'Asia e nell'America ve n'ha che soffrono il male di montagna se vanno più alto, e fra gli abitanti nati in riva al mare ve n'ha che subito resistono alle più forti rarefazioni dell'aria. Onde io credo poter affermare che la maggior parte degli uomini nasce coi polmoni e col sistema nervoso pronti per vivere a grandi altezze. Ne abbiamo un esempio nel viaggio recente del signor Littledale che resterà memorabile[1], fra quanti vennero compiuti nelle regioni più alte del globo. Nel 1895 il signor Littledale attraversò il Tibet da settentrione a mezzogiorno. Era accompagnato dalla sua signora e da suo nipote e stettero sei mesi (dal 26 aprile al 16 ottobre), senza discendere sotto ai 15 000 piedi. Quattro settimane accamparono sopra i 4600 metri. Perdette oltre cento cavalli in questo viaggio e la signora Littledale si ammalò seriamente ad un'altezza superiore al Monte Rosa.

[1] George, R. Littledale, *A Journey across Tibet*. The geographical Journal. May 1896, vol. VII, pag. 478.



Il saluto dalla Capanna Regina Margherita ad una carovana in arrivo.

CAPITOLO UNDICESIMO.

Allenamento. Capacità vitale. Alpinismo.

I.

Allenare vuol dire dar forza. La legge che segue l'aumento della forza coll'esercizio, si vede nelle ascensioni, ma non è cosa da potere decidere facilmente con esse. Le esperienze devono essere semplici, i termini del raffronto costanti, e abbastanza lungo il tempo della prova.

Il dott. G. Manca determinò nel mio laboratorio in quale modo aumenta la forza delle braccia per l'azione dell' esercizio. Prese due manubri, di 5 chilogrammi ciascuno, come quelli che adoperammo sul Monte Rosa. Un metronomo batteva i minuti secondi.

Dalla posizione di riposo i manubri si portavano in due tempi sopra la testa colle braccia distese, fermandosi nel primo tempo per un secondo coi manubri all'altezza del torace. Come ho già detto nel primo capitolo, ciascuno cessava quando sentivasi stanco. Gli esperimenti si facevano ogni giorno alla stess'ora. Il dott. Manca continuò per 70 giorni senza interruzione, il dott. Cao per 35 giorni.

La fig. 46 rappresenta il corso dell'allenamento nel dott. Manca. L'aumento progressivo della quantità di lavoro fatto ogni giorno appare evidente nell'ascensione rapida della linea, la quale comincia in basso a sinistra e finisce a destra. I numeri messi sotto indicano i giorni di esercizio, quelli che stanno in margine, a destra e sinistra, segnano il numero di volte che i manubri vennero sollevati ogni giorno. Vi sono delle variazioni da un giorno all'altro; qualche volta osservasi che la forza scema, oppure rimane eguale al giorno precedente, ciò nullameno la linea dell'allenamento è una linea che sale, così che nel 70° giorno il dott. Manca, sollevando 126 volte i manubri era capace di eseguire un lavoro cinque volte maggiore del primo giorno, nel quale incominciò l'allenamento. La curva dell'allenamento non è dunque una linea retta, od una parabola, od una delle tante curve regolari della geometria.

Per riconoscere meglio fra le irregolarità giornaliere, quale sia il tipo fondamentale, il dott. Manca fece la media dell'aumento giornaliero calcolato ogni 15 giorni. La figura più piccola a sinistra in alto rappresenta graficamente tale media nell'aumento della forza, calcolata di 15 in 15 giorni. I numeri scritti orizzontalmente in basso ed in alto, rappresentano ogni quindicina di esercizio. I numeri scritti a sinistra, gli aumenti medii giornalieri. Si vede che nella prima quindicina il dott. Manca ebbe un aumento medio giornaliero di 1.28, nella seconda di 2.62, nella terza di 3, nella quarta di 3.53, nella quinta di 5.

Il dott. Manca tenendo conto degli studi che erano già stati fatti in proposito dal Fechner, conchiuse che "la forza muscolare durante un esercizio prolungato cresce seguendo una progressione geometrica irregolare [1]."

[1] G. Manca, *Études sur l'entraînement musculaire.* Archives italiennes de Biologie, Tome XVII, p. 390.



I giorni di esercizio sono indicati in basso nell'ultima linea orizzontale. Il numero delle volte che il dottor Manca sollevò i due manubri di 5 chilogrammi col ritmo di 4 secondi, è scritto lateralmente nella colonna verticale dei numeri.

Fig. 46. — Curva che segue il crescere della forza nell'allenamento.

II.

Accennata la legge fondamentale dell'allenamento, devo subito confessare che siamo appena al principio di queste indagini, e che manca ancora uno studio dell'allenamento intensivo, con metodi esatti applicati agli altri muscoli, determinando meglio le velocità differenti colle quali si ottiene un *optimum* nei vari esercizi.

Trovandomi nella Università di Oxford, chiesi una volta ad uno di quei celebri allenatori per le *boat-races* quale scopo si proponevano coll'allenamento che là fanno durare un mese. Rispose subito allargando la palma della mano e mostrandomi le cinque dita e poi stringendole l'una dopo l'altra disse:

1.° Levare il grasso e l'acqua superflua;
2.° Aumentare la forza delle contrazioni;
3.° Accrescere la resistenza per la fatica;
4.° Dar fiato (*wind* or *breath training*);
5.° Frenare il cuore.

Mi persuasi subito che parlavo con un maestro di allenamento. Discorrendo capii che egli ed i suoi colleghi sono di parere che uno il quale non sia allenato, si sente come soffocare nella fatica, perchè non può respirare abbastanza profondamente. È questa anche l'opinione degli alpinisti e di tutti quanti hanno provato che realmente in una salita fatta in fretta, come si dice, *manca il fiato*. Vedremo però che il fatto è diametralmente opposto. Allenandosi veniamo a respirare meno per la medesima fatica, ed anche per una fatica maggiore.

Chi osserva le reclute quando corrono, o guarda i giovani nelle palestre di ginnastica, ai primi esercizi per la corsa di resistenza, vede che non reggono cinque minuti senza affanno del respiro. Dopo parecchi mesi di esercizio possono invece correre mezz'ora senza essere interrotti nè dall'affanno, nè dal palpito, o dal dolore di milza. Una parte di questo vantaggio va perduta completamente nell'inverno quando ci abituiamo al riposo.

V'ha una gran differenza, secondo gli individui, nell'allenamento. Fermandomi da parecchi anni nelle stazioni alpine elevate, vidi che già a 1500 metri, alcuni poco robusti soffrono i primi giorni per ogni piccolo sforzo. Una passeggiata un po' faticosa, un sentiero ripido, una scalinata, come se ne incontrano spesso fra le scorciatoie, danno la palpitazione e la tosse.

È una irritazione momentanea dei bronchi dovuta all'accumu-

larsi del sangue nei polmoni. Il cuore si stanca più presto, e i polmoni, per effetto delle inspirazioni profonde, si ingorgano e divengono iperemici. Dopo alcune settimane di esercizio il cuore e tutto il corpo sono talmente rinforzati, che le medesime persone possono fare delle fatiche molto maggiori e tentare qualche ascensione.

Anche gli uomini più forti possono provare il male di montagna quando non sono allenati. Cito l'esempio dei due alpinisti che ora sono stati più in alto nel mondo. Martino Conway nel suo viaggio lungo le Alpi che fece insieme a Fritz Gerald cominciando dal colle di Tenda, scrisse[1]: " Quando noi siamo partiti in giugno per il viaggio è probabile che nessuno di noi fosse in condizioni molto buone. Le nostre prime ascensioni furono fatte in una regione che in nessun luogo si alza ad un grande livello, e non giungemmo ad un' altezza di 3047 m. In questo tempo provammo frequentemente il malessere per gli effetti della diminuita pressione atmosferica. Il fatto è degno di essere ricordato, perchè non ho provato mai in Europa una simile sensazione a così piccole altezze. Io non descriverò che l'esperienza che ne feci sopra di me, ma lo stato mio era simile al malessere che provavano i miei compagni. Ho già detto che non eravamo allenati, ma io non stavo male in alcun modo. Mi ero prima esercitato regolarmente due ore ogni giorno per alcuni mesi, e potevo fare 20 miglia al giorno (32 chilometri) senza avere alcun incomodo per la fatica. Infatti il primo giorno ero molto contento nelle colline, e pensavo che non avevo mai cominciato così bene una stagione alpina. Il mio dispiacere fu perciò tanto maggiore nel mattino successivo, quando a circa 7000 piedi (2132 m.) provai in una forma leggera tutti i sintomi che avevo provato a 19000 piedi sul Karakoram. Era la medesima fatica particolare, il medesimo malessere di interruzione nella regolarità del respiro, il medesimo incomodo a piegarsi in basso. Probabilmente non avrei avvertito questi effetti, se l' esperienza da me fatta nell'Himalaia, non mi avesse resa famigliare ogni forma acuta del male di montagna. Fu per questo che mi accorsi immediatamente dei primi sintomi e li riconobbi per quel che erano. „

[1] M. Conway, *The Alps from end to end.* Westminster 1895, pag. 12.

III.

" Erano tutti scienziati i primi adoratori delle Alpi, e si comprende come il primo indirizzo dell' alpinismo sia stato essenzialmente scientifico. Forse ora che la scoperta delle Alpi è compiuta, è il momento propizio per un ritorno a quei primi ideali. „

Ho pensato a queste parole di uno dei più intrepidi e simpatici colleghi del Club Alpino, quando dalla Capanna Regina Margherita ammiravo da vicino i pericoli che egli ha superati insieme a Vaccarone e Zurbriggen per salire la punta Gnifetti da Macugnaga [1]. Le ripeto adesso che sto per scrivere alcune linee sull' avvenire dell' alpinismo, e penso a lui che più di ogni altro potrebbe dare un indirizzo razionale ed igienico alle carovane scolastiche.

Lo studio fisiologico dell' allenamento e la sua istituzione veramente pratica sono appena sul loro nascere, malgrado che siano molto numerosi i lavori pubblicati intorno a questo argomento. Da qualunque parte un dilettante, od un medico, si faccia a studiare il nostro organismo per conoscere le leggi colle quali si rinvigoriscono le sue funzioni per mezzo dell' esercizio, tutto rimane ancora inesplorato [2].

Il dott. Gruber [3] fece insieme al prof. H. Kronecker una serie di ricerche sull'allenamento, da cui risultò che un uomo camminando sopra un terreno piano produce il doppio di acido carbonico che non stando in riposo. Salendo a Berna dal livello dell'Aar fino sulla torre della cattedrale, che sono 80 metri, i primi giorni produceva quattro volte più di acido carbonico che non stando in riposo. Quando fu allenato a questo esercizio, produceva solo tre volte più di acido carbonico che nel riposo. Queste ricerche sono importanti perchè stabiliscono con cifre esatte il valore dell'allenamento; da esse appare che la produzione dell'acido carbonico non è una funzione che sia indissolubilmente congiunta col lavoro che compiono i muscoli. Esercitandoci impariamo a

[1] Guido Rey, *Il Colle Gnifetti*. Boll. Club alpino italiano. Vol. XXVII, 1894.

[2] Chi voglia vedere il titolo dei lavori e degli articoli su questo argomento, cerchi nell'*Index Catalogue* del Billings nella rubrica *Exercise as a remedy* e vi troverà oltre duecento scritti. Non vi sono compresi gli altri, egualmente numerosi, degli allevatori di cavalli per le corse, ed i libri e gli articoli che servono agli studenti inglesi che si preparano alle corse a piedi ed alle regate. — Pregevoli sono le pubblicazioni recenti di F. Lagrange.

[3] Max Gruber, *Ueber den Einfluss der Uebung auf den Stoffwechsel*. 1888.

far lavorare i nostri muscoli con una quantità minore di combustibile. Risultati eguali otteneva quasi contemporaneamente il prof. Zuntz a Berlino.

Ma è sopratutto nell'allenamento del sistema nervoso dove sono maggiori le lacune della fisiologia moderna. Mi basta citare come esempio le vertigini. Goethe nei ricordi della sua vita [1] parlando degli anni che studiava all' Università di Strasburgo disse:

" Godevo di una tale salute che mi sentivo disposto a intraprendere con successo qualunque cosa io volessi o dovessi fare; solo mi era rimasta una certa irritabilità nervosa che disturbava quest'armonia delle funzioni.... Salii da solo fino sopra la più alta torre della cattedrale e mi fermai sotto la corona dell'ultima cupola e là stetti circa un quarto d' ora prima ch' io avessi il coraggio di uscir fuori sulla piattaforma che è larga poco più di una tesa, e dove aggrappandomi potevo contemplare il paese sterminato che mi si stendeva dinanzi. Pareva di trovarsi in un pallone volante. L' emozione e l' oppressione dolorosa che provavo stando a quell' altezza la vinsi ritornando spesso in quel luogo fino a che divenne per me affatto indifferente. Questo mi giovò poscia e molto nei viaggi sulle montagne, negli studi di geologia, e nelle visite dei monumenti di Roma, dove spesso per vedere da vicino le cose, gareggiai coi più intrepidi muratori. „

La temperatura elevata del corpo, quale si produce nella fatica, la palpitazione del cuore, le alterazioni dei muscoli, l'affanno del respiro, tutto diminuisce quando teniamo il corpo in esercizio per mezzo dell'allenamento.

Lo disse già il più antico degli scrittori di medicina, Ippocrate: *Motus roborat, otium tabefacit.*

IV.

Lo sviluppo grande del torace in confronto al resto del corpo, è sempre stato un segno di robustezza. Helbig notò che le statue classiche dell'arte greca sono messe in posizione inspiratoria per dare al torace la sua massima ampiezza.

Il medico inglese John Hutchinson [2] insegnò un modo pratico per misurare quant'aria possiamo introdurre nei polmoni. Egli

[1] Goethe, *Aus meinem Leben. IX Buch.*

[2] John Hutchinson. *Von der Capacität der Lungen.* — Braunschweig, 1849.

diede il nome di *spirometro* ad un suo strumento che si vede spesso nelle scuole di ginnastica, nelle cliniche ed anche negli uffici per la visita medica delle Società dove si fanno le assicurazioni per la vita. La capacità dei polmoni è difatti un documento importante nella valutazione fisica di una persona. Ma non è tutto e forse neppure la caratteristica più importante come vedremo fra poco.

Lo *spirometro* di Hutchinson è incomodo per portarsi sulle Alpi. Anche in basso se non si ha molta pratica per rettificarlo è facile commettere dei gravi errori nel servirsene. — Adoperai il contatore che descrissi nel capitolo terzo, pag. 45, e studiai con esso la capacità vitale di quanti vennero con me sulle Alpi, e di quanti potei avvicinare nel mio soggiorno sul Monte Rosa. Le osservazioni furono fatte misurando tre volte la capacità vitale e dopo facendo la media dei valori trovati. Siccome i numeri della capacità vanno diminuendo per effetto della stanchezza, quando si fanno tre profonde inspirazioni l'una dopo l'altra, per tale ragione e per altre che dirò fra poco, lasciavo che trascorressero parecchi minuti fra l' una e l' altra misura.

Lo strumento posava su di una tavola piuttosto alta, e perchè avesse sempre una posizione orizzontale, lo sorreggeva una tavoletta di legno con tre viti di pressione. Un livello a bolla d'aria completava tale disposizione come già dissi prima. La persona stando in piedi dopo di essersi sbottonato l'abito, perchè la grande inspirazione che deve fare non incontri alcun ostacolo, riempie lentamente e con forza il torace di aria e poi introdotto fra le labbra il tubo di gomma, espira lentamente e fino a che può, vota i polmoni.

Vediamo adesso, se una persona a 4560 metri di altezza, può introdurre nei polmoni una quantità maggiore o minore di aria di quanto fa in basso.

P. Bert aveva già fatto un'esperienza simile nella camera pneumatica, e vide che a 420 mm. di pressione (che è quanto l'altezza del Monte Rosa) la capacità polmonare diminuisce della metà [1].

Altri fisiologi misurando la capacità vitale nell' aria rarefatta artificialmente, trovarono differenze meno grandi, ma pur sempre considerevoli. Vivenot dice che due persone robuste ad una rarefazione dell' aria che corrisponde a 4470 metri, inspiravano l'una 494 cc. e l'altra 394 cc. di meno che alla pressione normale, facendo una inspirazione ed una espirazione massima.

In una memoria speciale pubblicai le esperienze colle quali

[1] P. Bert, *Pression barométrique*, p. 716.

ho fatto la critica degli scritti più recenti intorno alle cause che possono produrre una diminuzione nella quantità d'aria che respiriamo sulle alte montagne.

Qui mi limito a riferire alcune delle osservazioni fatte sul Monte Rosa, e per brevità rimando alla tabella che sta in fondo al volume. Dalle serie di osservazioni che sono notate risultò che a 4560 metri la capacità vitale era sempre inferiore a quanto essa fu a Torino. Il soggiorno sulle Alpi non ha avuto dunque alcuna influenza nel dilatare la capacità polmonare.

V.

Se invece di studiare la capacità polmonare dell'uomo a piccole e grandi altezze sul livello del mare, mentre trovasi in riposo, lo studiamo durante una marcia, o alla fine di un'ascensione, il problema diventa assai più complicato.

Ho detto nel capitolo terzo che colla fatica generale diminuisce la forza dell'inspirazione, oltre a ciò è possibile che nelle ascensioni faticose si accumuli del sangue nei polmoni. Se ciò fosse, si spiegherebbe come pochi minuti di riposo bastino per ridonare la forza. Lasciando in disparte tutte le cause che producono una sensazione di benessere nel riposo, esaminiamo questa supposizione di un ristagno del sangue nei polmoni. Molti provano le vertigini soffiando nel fuoco, o facendo una serie di inspirazioni profonde. Questa sensazione di un leggero capogiro potei mostrare (con un apparecchio che non sto qui a descrivere) essere prodotta da un accumularsi di sangue nei polmoni [1]. Ad ogni inspirazione si ferma nel polmone una quantità di sangue maggiore di quella che viene espulsa nella espirazione successiva. Questo sangue improvvisamente sottratto alla circolazione ed al cuore (perchè rimane stagnante nei polmoni), è quello che colla sua mancanza produce l'anemia del cervello.

Se alla fine di un'ascensione i vasi sanguigni che tappezzano la superficie degli alveoli e dei bronchi, sono dilatati e contengono più sangue, vi resterà meno spazio per l'aria respirata. Proviamo quali dati si ottengono collo spirometro.

Sarteur e Solferino, i quali erano due degli uomini più forti della mia carovana, partirono alle 4 e 30′ dalla Capanna Gnifetti,

[1] A. Mosso, *Sulla circolazione del sangue nel cervello dell'uomo*. R. Accademia dei Lincei, 1879.

e vennero su alla capanna Regina Margherita scarichi e digiuni. Temperatura —13°. Alle ore 7 arrivarono in eccellenti condizioni.

Appena giunti misuro subito la capacità polmonare. Fanno alternativamente ciascuno tre inspirazioni, e dopo 1 ora e 35 minuti ripeto su ciascuno la misura della capacità polmonare.

SARTEUR	3806 c c	3952 c c	4099 c c
Dopo 1 ora 35′	4666	4904	4782
SOLFERINO	4123 c c	4148 c c	3928 c c
Dopo 1 ora 35′	4489	4489	4392

Facendo la media delle tre prime osservazioni fatte collo spirometro sul soldato Sarteur, appena finita l'ascensione e confrontandone il valore con quelle della media di tre osservazioni fatte 1 ora e 35′ dopo, si vede che la capacità vitale crebbe di 832 c c. Nel soldato Solferino l'aumento fu solo di 390 c c. Ritengo probabile che tali cifre rappresentino in parte la quantità di sangue, della quale si liberarono i polmoni, ma come è fatta quest'esperienza non si può affermare con sicurezza.

Occorrono altre ricerche più diligenti di quanto abbiamo potuto fare nella breve dimora sul Monte Rosa. Sappiamo del resto che anche il cuore si dilata nelle ascensioni per effetto della fatica. Dopo un'ora e mezzo il cuore deve essere diminuito di volume e questo permetterà che entri un po' più di aria nel torace per mezzo dei polmoni. Poi viene la fatica dei muscoli inspiratori, e la più grave complicazione è la paralisi del nervo vago, per la quale si dilatano i vasi sanguigni dei polmoni. Basta accennare questi fattori per mostrare quanto sia difficile tale studio.

M'era venuto il dubbio che il male di montagna fosse prodotto da un disturbo della circolazione sanguigna e che l'accumularsi del sangue nei polmoni potesse produrre questo malessere.

In parecchie persone che soffrirono il male di montagna con fenomeni molestissimi di vomito, insonnia e mal di capo, e fra gli altri nei signori Bertarelli e Bizzozero, ho misurato la capacità polmonare mentre erano più forti i sintomi, e il giorno quando erano scomparsi, e non trovai alcuna differenza dopo che era cessato il male di montagna. La capacità vitale media rimase 3480 c c. pel signor Bertarelli e 4200 c c. per Bizzozero con piccole variazioni.

Raffrontando la capacità vitale dei due custodi della capanna

Regina Margherita, con quelli che venuti lassù soffrivano il male di montagna, possiamo pure persuaderci che la quantità di aria la quale introduciamo nei polmoni ha un'efficacia meno grande di quanto si creda generalmente.

Di tutti gli abitanti d'Europa, Francioli e Quaretta, i due custodi della capanna Regina Margherita, sono forse le persone che rimangono ogni anno un tempo più lungo a 4560 metri. Incaricati del servizio di quella capanna, vanno lassù in principio di luglio e si fermano fino alla fine di settembre secondo che il tempo lo permette.

Malgrado il continuo salire e scendere sui ghiacciai del Monte Rosa, coi viveri sulle spalle, la capacità loro vitale è proporzionata alla statura ed al peso loro.

Francioli, il custode della Capanna Regina Margherita, del quale ho riprodotto la fotografia in principio del capitolo, è alto m. 1,74, peso 77 chilogr., ha 4017 c c. di capacità vitale. Beno Bizzozero colla statura di m. 1,78 ed un peso di 59 chilogr. ha 4200 c c. di capacità vitale. Francioli non ha mai sofferto il male di montagna; Bizzozero lo provò abbastanza forte appena giunse alla Capanna Regina Margherita, sebbene avesse una capacità vitale maggiore del Francioli.

Quaretta ha una statura di m. 1,64 e pesa 70 chilogr., la sua capacità vitale è 3790 e non soffre il male di montagna.

Potrei riferire qui una lunga nota di persone le quali soffrirono il male di montagna avendo una capacità assai maggiore della media, riguardo alla statura e al peso loro.

VI.

È indubitato che l'esercizio delle gambe produce un aumento della capacità toracica. Su questo argomento abbiamo le ricerche di Marey[1] che bastano per sè sole a dimostrarlo. Ho scritto già qualche pagina nel mio libro sull'educazione fisica, per dimostrare che non occorre fare la ginnastica agli attrezzi per dilatare il torace, bastando le passeggiate ed i giuochi ginnici per produrre lo stesso effetto. Recentemente il prof. Ziemssen tenendo un discorso a Monaco intorno alla importanza dei giuochi ginnici all'aria aperta per la gioventù, annunciò i risultati delle osser-

[1] Marey, *Modifications des mouvements respiratoires par l'exercice musculaire.* — Comptes rendus, 1880, pag. 145.

vazioni che egli coi suoi assistenti fece per parecchi anni nelle scuole. Paragonando i valori ottenuti collo spirometro, trovò che gli scolari quando ritornano dalle vacanze dell'autunno, hanno una capacità dei polmoni maggiore di quando lasciano le scuole alla fine dell'estate. Quest'aumento il prof. Ziemssen lo attribuisce ai movimenti liberi all'aria aperta.

Si crede generalmente che il soggiorno sulle Alpi serva per dilatare il torace. Questo io non ho verificato in noi pel soggiorno di oltre un mese sul Monte Rosa, perchè prima di partire eravamo già allenati. Le marcie in pianura bastano per dare una dilatazione massima del torace, che neppure il soggiorno sulle Alpi riesce ad aumentare.

Ho fatto una serie di misure sulla capacità vitale dei miei colleghi nella sezione torinese del Club Alpino. Avevo portato nei locali del Club lo spirometro, una stadera a *bascule* e un metro doppio di metallo per misurare la statura.

Ho qui sotto gli occhi il registro dove sono raccolte tutte queste cifre, penso che è un materiale utile per lo studio antropometrico degli alpinisti, e per gli amatori della statistica sarebbe una cosa ghiotta se riferissi una lunga tabella di queste misure fatte con esattezza sulla capacità vitale in rapporto col peso e la statura negli alpinisti. Ma io temo che questo libro diventerebbe troppo voluminoso, perchè dovrei mettere in raffronto questi dati con altri, che riferirò fra poco, di persone della medesima età, statura e peso, che facciano una vita sedentaria. Non avendo il tempo, o la voglia di estendere troppo queste ricerche accennerò solo due risultati.

Alcuni alpinisti con una capacità dei polmoni superiore alla normale, soffrirono cionullameno il male di montagna.

Due alpinisti eccellenti, che fecero le ascensioni più difficili. hanno la capacità polmonare inferiore alla media.

Bastano questi due risultati per modificare le idee generalmente in corso. Il volume piccolo dei polmoni non è dunque di ostacolo per diventare alpinisti ed affrontare la fatica e la rarefazione dell'aria nelle ascensioni. Non è vero che una capacità dei polmoni superiore alla normale ci renda immuni dal male di montagna.

VII.

Quasi ogni anno quando vado in montagna, sto attento alle prime passeggiate, per vedere con quale rapidità i muscoli delle gambe prendono lena.

Riferisco un esempio per dare un'idea più esatta della cosa. Se da Gressoney la Trinità faccio una prima passeggiata fino al Lago del Gabiet passando per Orsia e tornando per la valle del Netscio, e cammino lentamente, è una passeggiata di 4 o 5 ore, nella quale da 1627 metri si sale fino a 2339 metri. Uno si solleva di 712 metri. Il giorno successivo ed anche due giorni dopo, i muscoli non sono ancora ritornati allo stato normale, e nel distenderli mettendo il piede a terra sento un leggero indolenzimento. Tale dolore è dovuto allo sforzo che si è fatto nella discesa a reggere tutto il peso del corpo con dei muscoli che non sono ancora abituati a questo lavoro.

Dopo una settimana che mi trovo in esercizio vado a piedi al Colle dell'Olen, mi fermo a colazione e ritorno la sera. Avendo fatto una fatica doppia, perchè mi alzai fino a 2865 metri, il giorno dopo non sento alcun dolore nelle gambe.

Il male di montagna va sempre più scemando quanto più cresce l'allenamento degli alpinisti, e quanto più diventano numerosi e confortevoli i rifugi alpini.

Whymper disse che qualora si potesse scegliere fra il rendere più facili le Alpi e più robusti gli alpinisti egli preferirebbe quest'ultimo. Credo che tutti siano del suo parere. Pur nullameno è indispensabile per l'incremento dell'alpinismo che si migliorino e si moltiplichino quanto più è possibile i rifugi alpini.

Colla conquista delle cime più elevate è finita in Europa l'epoca avventurosa e più temibile delle ascensioni in altezza. L'alpinismo rientrerà finalmente nella sua vita normale, che è la contemplazione serena e tranquilla delle Alpi, senza la foga morbosa delle marcie, e la ricerca pazza dei pericoli.

Se capita agli altri ciò che è capitato a me (e non ho ragione per dubitarne) i grandi panorami a volo d'uccello, quali ho visto dalle vette più eccelse delle Alpi, non lasciarono quasi traccia nella memoria. Le impressioni più vive della mia vita alpina sono di giorni passati sotto la tenda fra i 2000 e i 3000 metri contemplando il profilo grandioso delle Alpi, ammirando la luce continuamente cangiante nelle valli, restando attonito dinanzi agli

splendidi tramonti. Lontano dalla civiltà e dalla molestia degli uomini, quando si spegne la febbre e l'ebbrezza delle cure, l'esistenza divenuta più umile e sincera, si avvolge di una poesia ineffabile.

Io spero che gli alpinisti si accingeranno a percorrere in lungo le Alpi, ad amare i profili grandiosi delle nostre montagne, rinunciando al folle merito delle fugaci e precipitose ascensioni in altezza.

L'ideale dell'alpinismo è che la gioventù si innamori delle Alpi e senta la passione di vivere sotto la tenda all'altezza degli ultimi pascoli. Un popolo che ami le sue montagne diventerà certo più morale e più forte.

VIII.

Un' emozione piacevole ebbi nei dintorni di Oxford, quando vidi per la prima volta un accampamento di studenti in mezzo ad una foresta. Finite le scuole i giovani dell'Università partono a frotte sulle barche per un viaggio di alcune settimane. La sera cessano di remare e piantano le tende sotto gli alberi sulle sponde, accendono la loro cucina e si riposano nei loro accampamenti. Il mattino tornano sul fiume di buon'ora, o si fermano a pescare, a disegnare, a cacciare od a leggere.

Il *camping out* è un divertimento, è uno dei sogni della robusta gioventù inglese. Sulle Alpi la vita nomade riesce anche più bella e più salutare. Tra i ricordi felici degli anni migliori, conto due campagne fatte sui monti con lo zaino in spalla. Conservo ancora il diario del viaggio che feci in Savoia con alcuni amici nel 1868. Furono le prime pagine che scrissi sulle Alpi e dopo trent' anni ho riletto con piacere le impressioni della giovinezza e gli appunti dei primi studi sulla flora alpina. Di un'altra escursione fatta al Gran Paradiso, al Piccolo ed al Gran San Bernardo insieme ad altri studenti, avrò occasione di parlare più tardi.

Sono convinto che la robustezza mia, devo in gran parte al desiderio di vivere in campagna ed al sole, alla passione delle marcie, all'amore della fatica, all'abbandono gioviale di qualsiasi comodo, al disprezzo dell'ozio, che sono in fondo le virtù dell'alpinista. Non darei mai per consiglio ad un giovane di fermarsi nei grandi alberghi, se non vi è costretto. I centri che avevano più attrazione per gli alpinisti vanno trasformandosi in grandi ospedali, dove i ricchi infettano ogni cosa coi germi della tisi. La prudenza più elementare ci obbliga ad evitare il contatto e la dimora coi tisici. Chi deve viaggiare per proprio conto, o deve di-

rigere un'escursione alpina, scelga sempre le regioni che sono meno frequentate dai forestieri e fugga gli alberghi dove sono maggiori le agiatezze. I giovani alpinisti che vogliono diventare robusti devono stare quanto più è possibile in alto e preferire le case dei pastori, le grancie e le capanne.

Il meglio è di attendarsi per essere più indipendenti. Una tenda ed un letto bastano per aver casa propria sulle Alpi. Non occorre essere molto ricchi per farlo. Basta mettersi in due, scegliere una guida ed avere due portatori, ed è facile organizzare una simile spedizione portando con noi quanto occorre per la dimora sulle Alpi. Il letto da campo del quale do il disegno nella

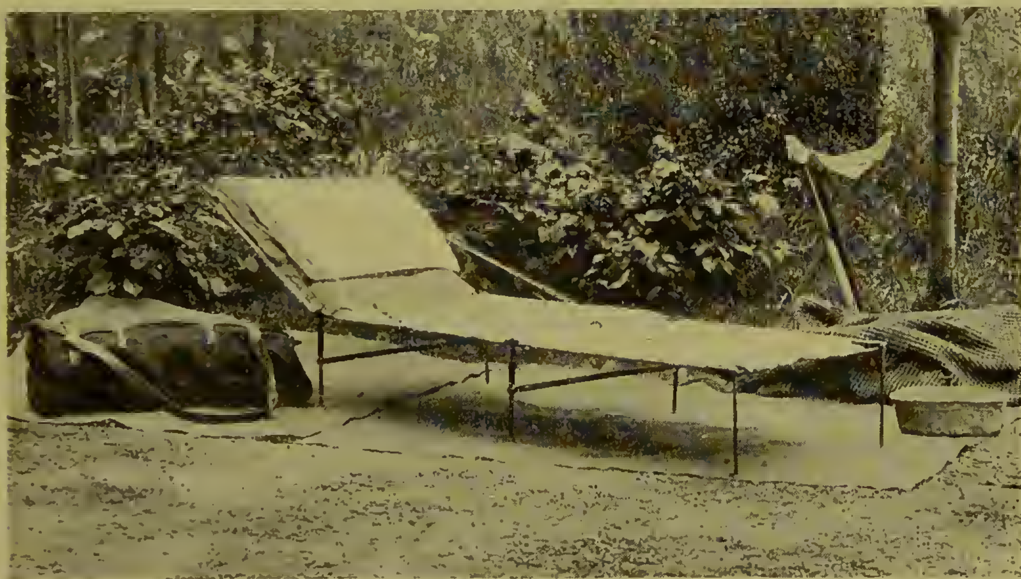


Fig. 47. — Un letto da campo spiegato ed un altro arrotolato pronto per il trasporto.

figura 47, pesa dieci chilogrammi completo, messo dentro il suo sacco di tela impermeabile colle cinghie per trasportarlo, come si vede a sinistra. Disteso il letto sui tre peducci di ferro, la tela imbottita serve da materassa. La parte della testa si alza e si abbassa per mezzo di una catenella dandovi l'inclinazione voluta. Un cuscino di lana, o di gomma, per molti è inutile. Nella nostra spedizione ciascuno aveva due lenzuoli, ma questo pure è un lusso, perchè le coperte bastano. Una bacinella di gomma ed un seggio pieghevole, come si vedono nella figura 47 ai piedi del letto, completavano l'arredamento della nostra tenda.

Fino a che le escursioni libere non siano entrate nei costumi degli alpinisti, temo saranno pochi e solo i ricchi che potranno

darsi questo lusso di accampare sulle Alpi. Chi ne ha provato l'attrattiva certo preferisce la tenda alle camere mobigliate degli alberghi. Io spero vicino il tempo nel quale sarà cura delle sezioni del Club Alpino di provvedere a nolo il materiale per gli accampamenti. Noi siamo trascinati inevitabilmente dai progressi dell'igiene e dell'alpinismo, verso questi nuovi ideali della vita libera. La cooperazione degli interessati risolverà il problema.

È difficile fare delle previsioni sull' alpinismo. Dopo che esso è divenuto un arte "il vero alpinista, disse Vaccarone, ama l'arte per l'arte". E la montagna oppone sempre nuove difficoltà, sfida ed alletta con nuovi cimenti l' alpinista. Alcuni hanno creduto che l' alpinismo sarebbe morto appena fosse compiuta la conquista di tutte le cime ancora vergini. Ma non è vero. L' alpinismo nella sua maniera più audace, vivrà fino a che vi saranno degli uomini che hanno bisogno di forti emozioni. Ora per poco che uno guardi come va cambiando la psicologia della società moderna, si persuade che il diapason delle emozioni va sempre più elevandosi. L' intensità delle eccitazioni deve diventare più acuta e pungente, quanto più il nervosismo moderno ottunde la sensibilità. Anche questa è una legge fisiologica.

IX.

È un errore fatale delle classi dirigenti che nelle scuole diminuisca sempre più il tempo destinato agli esercizi fisici. Un altro danno che reca l' educazione attuale, è l' uniformità degradante, che soffoca ogni spirito di iniziativa nella gioventù. Contro tali eccessi non vi è altro rimedio che di promuovere l' educazione intensiva del corpo e di procedere con indirizzo scientifico all'allenamento. L'alpinismo resterà sempre per tale scopo il primo tra i generi di *sport* che deve raccomandarsi alla gioventù: perchè nessuno dà maggior slancio all' attività individuale e serve meglio a rinfrancare il carattere e ad aprire la mente. La vita più semplice e più naturale è l'alimento migliore per lo sviluppo dell' intelligenza e del corpo.

Tutti i generi di *sport* sono buoni ed utili secondo le inclinazioni individuali e l' ambiente, e tutti servono a guarire e raddrizzare la generazione attuale che ingobbisce sui libri. Ma tutti i generi di *sport* possono diventare nocivi, quando si esagera nell' usarli. La bicicletta ebbe il merito di aver dato un impulso potente all' esercizio dei muscoli, e di aver reso popolare la fa-

tica. Noi siamo però vicini a cadere nella esagerazione di questo esercizio.

Ch. du Pasquier in uno studio psicologico sul piacere di andare in bicicletta pubblicato nella *Revue Scientifique* dell' agosto 1896 scrisse queste memorabili parole:

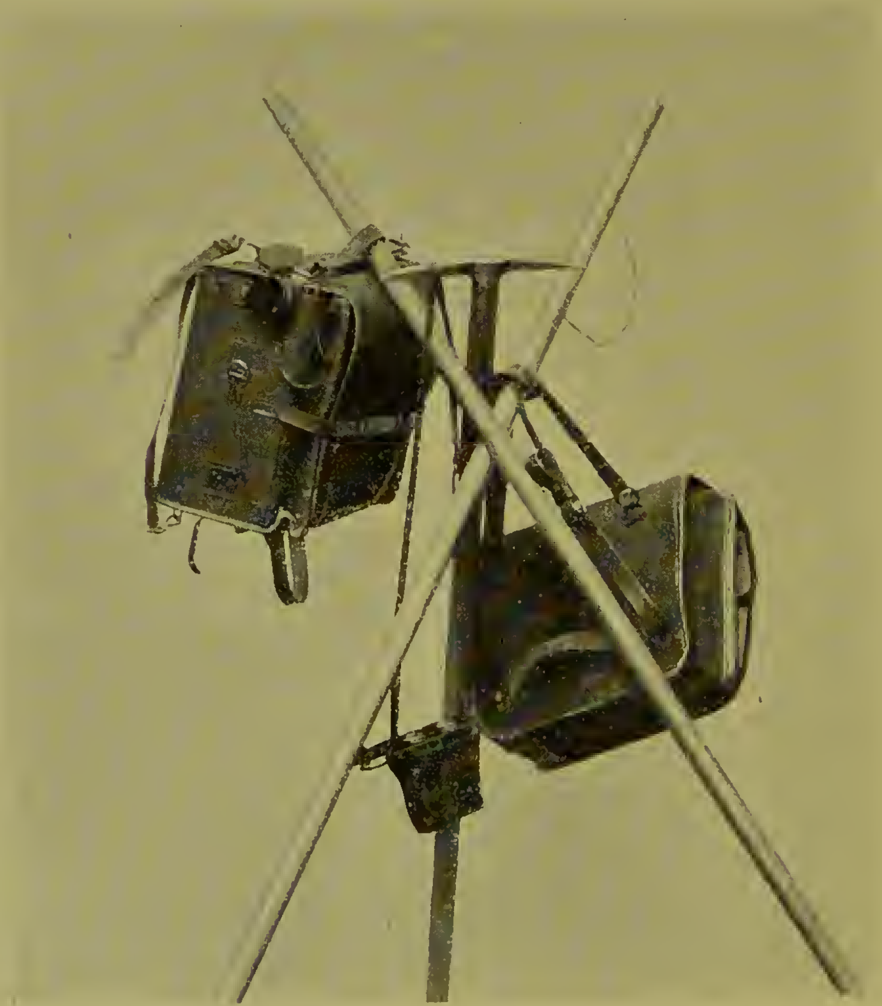
" On comprend que dans ces circonstances l' exercice immodéré de la bicyclette conduise à un *état* qui réduit au minimum les activités nerveuses, qui enlève à l'individu sa personnalité, tout comme le travail à la machine et la division du travail retire à l' ouvrier toute initiative, et le réduit à l'état de machine automatique. „

Il ciclismo non è effettivamente uno *sport,* esso è un mezzo di locomozione, del quale disgraziatamente abusano alcuni professionisti incoraggiati dal pubblico che li paga. Il danno più grave che producono le gare è l'ipertrofia del cuore. I *record men* più celebri durano pochi anni in fiore, raggiungono presto il massimo della velocità e della resistenza e soccombono per effetto dell'ipertrofia del cuore. Mentre l'alpinista va crescendo in forza e continua a fare delle ascensioni difficili anche a sessant' anni, il ciclista decade rapidamente; la sua fama e la sua esistenza sono effimere, perchè egli chiede ai suoi muscoli, ed al sangue, una pressione per la quale non può resistere il cuore dell'uomo.

Solo per chi se ne serve con prudenza è utile l'esercizio della bicicletta; e parecchi alpinisti mi hanno detto che sono meglio allenati dopo che vanno in bicicletta. Questo miglioramento non dipende dall'esercizio delle gambe, perchè i muscoli che servono sul pedale non sono tutti quelli che adoperiamo nel camminare. Infatti si può essere un eccellente biciclista ed un pessimo camminatore. Il valore sportivo del ciclismo sta nell' esercizio vigoroso del cuore, perchè un leggero grado di ipertrofia del cuore, prodotto dalla bicicletta, è utile per chi si accinge a fare delle ascensioni.

La vita in montagna è la più adatta per rinvigorire la razza umana. Questo lo insegna l'esperienza dei secoli nella storia, ed ora lo conferma la medicina per mezzo delle cure climatiche colle quali vengono sottratte tante vite agli effetti funesti delle malattie. Le passeggiate frequenti, lo spettacolo della natura, l'aria più fredda e più secca, lasciano in noi una sensazione piacevole. come se fosse cresciuta l' energia. Le persone apatiche sanno vincere la loro indolenza, quelle pigre sono ravvivate dalla luce più intensa. Ma è sopratutto l'allenamento, il fattore di queste risurrezioni, per cui si vedono in montagna delle persone deboli fare delle marcie prolungate e reggere a delle fatiche che certo

non avrebbero sopportato in città. La varietà del paesaggio, il desiderio di veder cose nuove, una certa gara di emulazione accrescono la resistenza. Nelle Alpi tutti provano un bisogno maggiore di movimento. Il pensiero di rinforzare il nostro organismo, di ricostruirlo con una nuova vita fra le scene grandiose dei monti e dei ghiacci, il desiderio della fatica, sono le fonti inesauribili che faranno fiorire per sempre l'alpinismo.





Arrivo di una carovana alla Capanna Regina Margherita.

CAPITOLO DODICESIMO.

Le cause del male di montagna.

I.

Nel 1760 Saussure fece pubblicare in tutte le parrocchie della valle di Chamonix, che avrebbe dato una ricompensa abbastanza considerevole a coloro che avessero trovato una strada per giungere alla sommità del Monte Bianco. Prometteva nello stesso tempo che avrebbe pagato le giornate di lavoro anche a quelli che avessero fatto dei tentativi infruttuosi [1].

Tali promesse non giovarono a nulla. Solo 15 anni dopo, quattro alpigiani di Chamonix tentarono di salire sul Monte Bianco. Tutto pareva promettere un successo felice. Avevano un tempo splendido, non incontrarono nè crepacci troppo larghi nè pendii troppo ripidi. Solo il riflesso del sole e l'aria immobile produce-

[1] SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*. Histoire des tentatives que l'on a faites pour parvenir à la cime du Mont-Blanc, Tomo IV, p. 389.

vano un caldo soffocante e davano loro un'avversione e un disgusto completo per il cibo. E' fu dopo questo tentativo che Jorasse disse a Saussure: essere inutile portare da mangiare, bastava avere un ombrello in una mano e una boccetta odorosa nell'altra.

Sei anni dopo vi furono tre altri che andarono a dormire in cima alla montagna la Cote, traversarono il ghiacciajo, ed erano giunti assai in alto, quando uno di essi, il più robusto, fu preso da un bisogno invincibile di dormire e tornarono indietro.

Prima di Saussure si considerava come pericoloso l'andare semplicemente a Montanvert[1]. L'attitudine e la forza di salire, come la resistenza al male di montagna, sembra siansi sviluppate poco per volta negli alpinisti.

Saussure, parlando del male di montagna, scrive:

" J'ai observé un fait assez curieux, c'est qu'il y a pour quelques individus des limites parfaitement tranchées, où la rareté (1) de l'air devient pour eux absolument insupportable. J'ai souvent conduit avec moi des paysans, d'ailleurs très-robustes, qui à une certaine hauteur se trouvaient tout d'un coup incommodés au point de ne pourvoir absolument pas monter plus haut; et ni le repos, ni les cordiaux, ni le désir le plus vif d'atteindre la cime de la montagne, ne pouvaient leur faire passer cette limite. Ils étaient saisis, les uns de palpitations, d'autres de vomissement, d'autres de défaillance, d'autres d'une violente fièvre, et tous ces accidents disparaissaient au moment où ils respiraient un air plus dense. J'en ai vu, quoique rarement, que ces indispositions, obligèrent à s'arrêter à huit cents toises au dessus de la mer; d'autres à douze cents, plusieurs à quinze ou seize cents. „

Dopo le opere di Saussure pel male di montagna dobbiamo consultare lo scritto di C. Meyer-Ahrens[2]. È un libro di sole 140 pagine fatto con molta erudizione, il quale per la parte storica sembra abbia servito di modello alla grande opera di P. Bert[3]. Tutte le dottrine antiche intorno al male di montagna ivi sono riassunte ed esposte con grande chiarezza. Il libro di P. Bert, rimase come il testo e l'enciclopedia più completa per questo studio dell'uomo sulle Alpi. Dopo venne stampata dal Dott. Payot[4] una tesi pregevole sul male di montagna la quale però aggiunse poco di nuovo a quanto sapevasi[5].

[1] Ed. Whymper, *Chamonix and the range of Mont Blanc*. London, 1896, p. 13.

[2] Conrad Meyer-Ahrens, *Die Bergkrankheit*. Leipzig, 1854.

[3] Paul Bert, *La pression barométrique*. Paris, 1878.

[4] Alexandre Payot, *Du mal des montagnes*. Thèse. Paris, 1881.

[5] Carvallo raccolse nel *Dictionnaire de physiologie* di Charles Richet. Tome II,

(1) ou raréfaction ?

II.

Non vi è dubbio alcuno che il male di montagna non sia prodotto dalla diminuita pressione atmosferica: ma gli effetti per così dire primitivi dell'aria rarefatta, possono divenire causa di altri sconcerti. Ciascuno di questi sconcerti venne stimato da solo essere causa del male di montagna.

La stanchezza e la difficoltà a muovere le gambe, che vedremo essere un fatto complicatissimo il quale annuncia il disordine incipiente nelle funzioni dei nervi, fu ritenuto da Alessandro Humboldt come un semplice effetto fisico della pressione diminuita. “L'osso del femore, egli disse, tende ad uscire dalla cavità sua articolare del bacino, perchè la pressione dell'aria non basta più a tenerlo in posto. Per ciò dobbiamo fare uno sforzo maggiore dei muscoli dapprima e dopo non si può più muovere bene le gambe.„ Questa spiegazione emessa sul principio del secolo [1] venne accettata universalmente, e molti l'applicarono anche alla articolazione del ginocchio, dove sentesi come una rilasciatezza dei legamenti quando ci prende il male di montagna. Tale ipotesi venne ora abbandonata, perchè si dimostrò che la gamba rimane in posto, malgrado il suo peso, anche quando nella camera pneumatica la pressione atmosferica scende oltre il limite delle più alte montagne.

La fatica e l'indigestione sono le due cause più note, e direi quasi popolari del male di montagna. L'aggravarsi improvviso della stanchezza nell'ultima parte di un'ascensione, dove la mon-

1896, la bibliografia antica e moderna di questo argomento. — Un articolo pregevole pubblicò pure recentemente G. v. Liebig (*Die Bergkrankheit*. Deutsches Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Vol. XXVIII). Di un altro scritto di G. v. Liebig, come delle pubblicazioni di Lœwy e di Aron che studiarono la pressione dell' aria rarefatta negli alveoli polmonari, mi occuperò in un prossimo lavoro. Siccome sono convinto che la spiegazione loro del male di montagna non esiste in realtà o non basta per spiegarne i fenomeni, così rimando tale discussione troppo minuta ad un lavoro speciale. Il tecnicismo della critica sperimentale non gioverebbe al lettore che non sia medico.

[1] “Il conviendrait plutôt d'examiner la vraisemblance de l'influence d'une moindre pression de l'air sur la lassitude lorsque les jambes se meuvent dans les régions où l'atmosphère est très raréfiée; puisque, d'après la découverte mémorable des deux savants Weber, la jambe attachée au corps n'est supportée, quand elle se meut, que par la pression de l'air atmosphérique.„ Humboldt, Op. cit., p. 419.

tagna è più ripida, l'incapacità a proseguire, il dolore che si prova nel fare i passi, fecero credere a molti che la contrazione dei muscoli fosse la causa del male di montagna.

Nelle descrizioni di viaggi fatti sulle montagne più alte dell'America, si legge qualche volta che delle persone salendo in sella sui muli non soffrivano l'aria rarefatta, mentre scesi a terra erano colpiti immediatamente dal male.

Tschudi nei suoi *Schizzi di viaggio* racconta che era già da un anno nel Perù ed aveva attraversato parecchie volte delle montagne alte 4000 e 4500 metri senza aver mai sofferto il male di montagna. Quando un giorno, non avendo fatto colazione, salì fino a 4500 metri sopra un mulo e perdette il cammino. Il mulo era stanco, ed egli dovette camminare a piedi tirandosi dietro per le briglie il mulo, arrampicandosi per cercare la sua strada. I suoi sforzi furono certo esagerati dalla emozione, e subito cominciò a farsi sentire a lui la diminuita pressione atmosferica.

" Ad ogni passo, egli narra, sentivo crescere dentro di me un malessere che non avevo mai provato: e dovevo fermarmi per prendere fiato, ma senza poter trovare aria quanto mi bastasse. Cercavo di camminare e mi prendeva un affanno che dovevo fermarmi: il cuore batteva così forte che ne sentivo la palpitazione. Il respiro era interrotto e corto, ed era come un grande peso che mi opprimesse il petto. Le labbra si screpolavano, i piccoli vasi sanguigni delle palpebre si rompevano ed il sangue mi colava a goccie dagli occhi. I miei sensi divennero inerti, una nebbia si stese dinanzi alla vista, e tremando dovetti coricarmi in terra. " Dopo mezz'ora quasi incosciente potè risalire sul mulo e continuare la sua strada.

Era già l'idea primitiva di Saussure questa di dare grande importanza alla contrazione dei muscoli nella produzione del male di montagna.

" Si c'étoit une respiration imparfaite, qui produisit cet épuisement, comment quelques instans d'un repos pris en respirant ce même air, paroîtroient-ils réparer si complètement les forces? [1] "

Ad assicurarci che il male di montagna può manifestarsi anche quando manca la fatica dei muscoli, basta pensare agli inconvenienti ed alle morti prodotte dalle ascensioni aerostatiche.

[1] Saussure, *Voyage dans les Alpes*. Tome II. p. 311.

III.

Uno studio più compiuto del male di montagna potrà farsi fra pochi anni, appena aperta la ferrovia della Jungfrau. Per mezzo di un tunnel e di un ascensore si trasporteranno comodamente ogni giorno centinaia di persone fino all'altezza di 4166 metri. La Vergine, come per antonomasia erasi chiamata questa montagna per gli immensi suoi fianchi di neve candidissima, perderà col principio del secolo una parte del suo fascino, più nessuno temerà le sue frequenti valanghe, e gli uomini più timidi saliranno sulla vetta per sentire il rombo dei ghiacciai e godere fin l'ultimo raggio della luce gloriosa dei tramonti, che fino ad ora pochi hanno goduto.

Il governo federale della Svizzera, prima di approvare i piani di questa ferrovia, chiese ad un fisiologo celebre, il prof. Kronecker di Berna " se la costruzione e l'esercizio di questa ferrovia erano possibili senza recare danno alla salute dell'uomo „.

Una grande responsabilità fu con tale domanda messa a carico della fisiologia. Il prof. Kronecker doveva, con poche osservazioni fatte nella camera pneumatica e sulle montagne, ricostruire e intravedere tutta la serie complicata di fenomeni che potranno verificarsi quando una moltitudine curiosa di malati e di sani sarà trasportata sulla vetta della Jungfrau.

La relazione del prof. Kronecker è uno dei lavori più importanti che siano stati scritti sul male di montagna e copierò dalla sua relazione la parte che tratta le esperienze fatte al Breithorn:

" Il 13 settembre 1894 partii colla mia signora con assistenti ed aiuti da Berna per Zermatt. Il 14 mi raggiunse il prof. Sahli direttore della clinica medica di Berna colla sua signora. Eravamo in sette persone a far parte della spedizione. Un ragazzo di 10 anni, un vecchio contadino di 70 anni, il dott. Ascher di 30 anni e noi quattro.

" Il 14 settembre a Zermatt abbiamo preso su tutti la curva collo sfigmografo, la frequenza del polso, la capacità vitale e la quantità di emoglobina del sangue. Il 15 settembre alle tre antimeridiane al chiarore della luna piena, con leggera nebbia si partì da Zermatt. La carovana era formata di circa 60 persone. Le sette persone destinate all'esperienza cavalcavano sui muli, ciascuno dei quali era condotto da un uomo. L'inserviente del Laboratorio che doveva preparare le esperienze fisiologiche e un intendente concessoci dal dott. Seiler, facevano essi pure parte

della nostra cavalcata. Due guide precedevano la colonna, 42 portatori erano addetti al trasporto degli apparecchi scientifici, delle coperte, delle provvigioni e delle portantine. La marcia notturna sui muli prima che spuntasse il sole, fu abbastanza pericolosa in causa della nebbia. La maggior parte delle persone sulle quali doveva farsi l'esperienza non si accorsero del pericolo.

“ Dopo una colazione calda nella capanna inferiore del Teodulo. vennero collocate le sette persone nelle portantine e divisi i portatori. Sei portatori per ciascuna sedia portatile: però presto non bastarono più. Un portatore tornò indietro perchè soffriva il male di montagna. A portare uno di noi, alquanto pesante, volevano essere in otto per cambiarsi, e per il ragazzo non volevano essere meno di sei. Il dott. Ascher dovette perciò camminare a piedi sul ghiacciaio. Nell' ultima salita si procedeva innanzi con molta lentezza, così che arrivammo sul Plateau solo alle 11,30'. Mi decisi di restar là e di non raggiungere la vetta del Breithorn, perchè ci sarebbero occorse altre due ore, e non avremmo più avuto tempo sufficiente per le esperienze. Il vento soffiava forte sulla vetta, come poteva giudicarsi dalle nebbie che formavansi e svanivano su di essa. La nostra prudenza fu bene ricompensata. Noi trovammo in questa stazione relativamente bassa (3750 metri) tutti i segni essenziali delle alterazioni che si producono nelle funzioni della vita per effetto dell' altitudine. Determinammo la frequenza del polso, la forma del polso, la capacità polmonare e lo stato generale nel riposo, come pure in un lavoro moderato. Ne risultarono delle differenze caratteristiche le quali saranno presto pubblicate.

“ Tutte le persone sentivansi bene quando erano comode ed immobili; la sete era piccola, ed il vino non piaceva. Il polso era notevolmente più frequente, la curva del polso segnava una diminuzione nella tensione delle arterie, eccetto che nel vecchio, che aveva le arterie indurite. La capacità vitale era scemata in tutti. Questi sintomi erano eguali tanto nelle persone ricche di sangue, quanto in quelle che erano scarse di sostanza colorante. Tutte le persone avevano, a giudizio del prof. Sahli, un leggero grado di cianosi, colla pelle azzurrognola, quantunque l'aria fosse senza vento e quasi tiepida....

“ Il sintomo più importante e più apprezzabile, era l'influenza nociva che esercitavano i più piccoli movimenti. Venti passi sul ghiacciaio leggermente erto, e sul quale poteva camminarsi comodamente, bastavano a produrre un polso febbrile (100 fino a 160 pulsazioni). Anche nelle guide e nei portatori robusti, il fare venti passi, faceva salire il polso da 100 e 108 fino a 120 e 140 per mi-

nuto. La maggior parte delle persone sentivano la palpitazione di cuore e l'affanno del respiro quando si muovevano. Il piegarsi riusciva molesto ed i più piccoli lavori che richiedevano attenzione, come lo scrivere il polso, il fotografare, l'apparecchiare od imballare gli strumenti erano più faticosi, e solo potevansi compiere con degli intervalli di riposo.

" Alle sette di sera tutta la comitiva era ritornata a Zermatt in ottime condizioni.

" Se io coordino tutti questi sintomi, sono obbligato ad ammettere che il male di montagna trae origine da dei disturbi della circolazione. Le persone che ne soffrono fanno l'impressione di malati di cuore. La pelle cianotica (azzurrognola) si accorda pienamente con questo quadro. Le respirazioni profonde giovano poco. La pressione diminuita produce una dilatazione dei vasi sanguigni del polmone, per effetto di un ristagno del sangue nella piccola circolazione, e questa dà origine ad una dilatazione del ventricolo destro del cuore. Gli eccitamenti forti della pelle possono far contrarre i vasi sanguigni in via riflessa (quindi viene l'influenza benefica del vento, quando non è troppo freddo). Gli sforzi muscolari eccitano il cuore già anormalmente eccitato in causa della congestione. Le vene dilatate contengono tanto sangue che la pressione diminuisce nelle arterie ed anche il cervello riceve una quantità insufficiente di sangue (sonnolenza, svenimenti), gli ingorghi nella circolazione della vena porta causano la mancanza dell'appetito, la nausea ed il vomito. Questi fenomeni non possono dipendere dalla mancanza di ossigeno, altrimenti la respirazione diventerebbe profonda, e colla respirazione più intensa scomparirebbe il malessere, e questo aumenterebbe nella stessa misura che diminuisce l'ossigeno „ [1].

IV.

Martino Conway fece recentemente un viaggio sull'Himalaja del quale ho già parlato nei capitoli precedenti. Ritornato a Londra consegnò il materiale delle osservazioni fisiologiche da lui raccolte al professore Roy, distintissimo fisiologo, e tra i migliori dell'Inghilterra.

In seguito all'osservazione fatta ripetutamente da Conway che egli " sentivasi molto peggio sulle chine che non sulle creste, co-

[1] H. Kronecker, *Ueber die Bergkrankheit mit Bezug auf die Jungfraubahn.* Bern, 21 nov. 1894, pag. 21.

sicchè con difficoltà si tratteneva dal raggiungere le cornici... Roy emise l'opinione che il malessere fosse prodotto da un'alterazione dell'aria. Citerò un pezzo della memoria di Roy. “ Le osservazioni di Conway che il malessere provasi più intenso nei luoghi profondi ed incavati, che non sopra le creste, viene a confermare quanto erasi già notato da altri. Questo può essere dovuto a ciò, che l'acqua prende più ossigeno che azoto dall' aria. Quando sopra di un alto picco il sole colpisce la neve, e fa sciogliere una parte di essa, l'aria circostante viene ad essere priva di una certa quantità di ossigeno „ [1].

Torna a presentarsi con veste nuova e sostenuta dall'autorità di un valente fisiologo l'opinione antica di Saussure il quale credeva che l'aria si alterasse negli strati che toccano la neve. Ma Boussingault fino dal 1830 ha dimostrato che solo l'aria contenuta nei pori della neve tiene meno ossigeno, perchè questo gas si scioglie più facilmente dell'azoto nell'acqua; e disdisse la opinione che egli prima aveva accettata da Saussure che cioè la neve attirasse l'ossigeno dell'aria, sciogliendosi. E ciò disse non solo in base alle sue analisi dell'aria, ma aggiungendovi la giusta considerazione che il male di montagna, se questo fosse vero, dovrebbe anche manifestarsi nella pianura nei giorni d'inverno. Più tardi anche Frankland analizzava l'aria presa sulla vetta del Monte Bianco e ne risultò che aveva la stessa composizione di quella di Chamonix.

Le analisi chimiche dell' aria fatte da mio fratello, da Zuntz e da Lœwy sul Monte Rosa, confermarono che sulla vetta a 4560 metri è costante la composizione dell'aria. Il movimento dell'oceano atmosferico è così continuo, le correnti, anche dove più si soffre il caldo, hanno tale estensione e velocità, che piccole alterazioni come quelle prodotte dalla fusione della neve non modificano sensibilmente la composizione dell'aria. Questo non deve meravigliarci quando si pensa che le analisi più minute dei chimici fatte sull'aria delle foreste non hanno ancora potuto trovare un'influenza della vegetazione nell'aria che sta sotto gli alberi. Ed appare tanto meno probabile che l'uomo senta gli effetti di queste variazioni minime, poichè alterazioni molto più grandi passano inosservate.

Contro questa teoria sta il fatto che il male di montagna si prova intensissimo sulle montagne dove è tutto macigno. Zurbriggen mi disse che egli soffre più sulla montagna scoperta, che sulla neve od il ghiaccio.

[1] *Mountain Sickness* di Ch. Roy. — Climbing in the Himalayas, M. Conway. pag. 111.

Capitolo Tredicesimo.

Una spedizione al Monte Bianco nel 1891.

I.

Per caso mi trovai in contatto con una parte di questa spedizione del 1891. Conobbi il dottor Jacottet che morì di polmonite sulla vetta del Monte Bianco, e andai colle guide di Chamonix alla ricerca del signor Rothe e di una guida, periti sotto una valanga in un crepaccio del Petit Plateau.

Questa spedizione era stata organizzata dall'ingegnere Imfeld incaricato di costruire l'osservatorio del Monte Bianco, sotto la direzione di Janssen ed Eiffel.

Il giorno 13 di agosto il dottore Egli-Sinclair e il dottor Guglielminetti partivano da Chamonix e si fermarono due notti ai Grands-Mulets (3050 m.) per abituarsi all'aria rarefatta. Il 14 l'ingegnere Imfeld li raggiunse con una ventina di guide e di portatori. Il giorno successivo partirono alle 3 ant. e verso le 10 raggiunsero la capanna Vallot al Rocher des Bosses, a 4365 metri di altezza, dove giunsero in buone condizioni. Ma in questo stato non si mantennero nella capanna. Si sentivano come oppressi; erano sonnolenti con forte mal di capo e la respirazione si faceva loro difficile. Tanto che dovettero uscire tutti due fuori della capanna per respirare all'aria libera. Il dottor Egli-Sinclair fa la seguente descrizione del suo stato [1].

[1] Egli-Sinclair, *Sur le mal de montagne*. Annales de l'Observatoire météorologique du Mont-Blanc. — Paris, 1893, pag. 118.

“ Je m'assis devant la cabane, mais je me sentis encore pire. et je dus faire de profondes et fréquentes inspirations, sans atteindre la sensation de rassasiement d'air. De plus en plus, je sentis que les muscles accessoires de la respiration étaient en fonction; ils me faisaient mal, une tension douloureuse aux muscles huméraux était très pénible, et je pensai avec compassion à ces malades que j'ai souvent vus hors d'haleine. Un mal de tête et une légère nausée complétaient le malaise. Guglielminetti vint s'asseoir près de moi; lui aussi respirait fréquemment et profondément: les comparaisons comiques qu'il faisait ne nous aidaient point. Nous restâmes plus d'une heure assis, sans remarquer d'amélioration; l'optimisme de notre opinion sur le mal de montagne baissa considérablement, car nous observions son premier et particulier symptôme, l'essouflement; un essouflement qui se présente après les efforts accomplis, qui se prolonge et s'augmente, ne pouvant alors être occasionné par la fatigue. Nous dûmes nous lever, car nos pieds menaçaient de geler.

“ Nous fûmes bien aises d'avoir à notre service des gens qui nous ôtaient nos bottes, nos guêtres, et mettaient nos pieds dans des sabots, ce qui nous aurait été bien pénible à faire. De cette manière, nous étions préparés à prendre notre soupe; était-elle bonne ou mauvaise, nous ne saurions le dire, nous n'avions pas de goût. Le vin rouge avait une saveur d'encre, le blanc celle de vinaigre; seul, le café noir ne nous degoûta pas; je l'ai pris après avoir avalé deux grammes de phénacétine, dont l'effet ne tarda pas à se montrer, car je me sentis bientôt mieux.

“ Si je ne pus pas dormir, ce n'est pas la couche dure et froide qui en était la cause, non plus la tempête qui hurla pendant toute la nuit, mais toujours la même soif d'air. Trois ou quatre fois, je dus me lever pour pouvoir respirer profondément, mais rien n'aidait; épuisé et découragé, je me recouchai.

“ Le 17 août, c'est-à-dire le troisième jour, je note encore la durée du manque d'appétit, et la fréquence de la respiration.

“ Le quatrième jour de notre séjour, notre état commença peu à peu à s'améliorer. La respiration resta toujours un peu accélérée, mais sans que nous le remarquions; seulement en faisant des efforts pour monter sur le lit de camp et en descendre, en mettant son habit, en se couchant, on dut respirer profondément. „

La frequenza media del respiro era di 20 a 28. Il polso era accelerato in tutti. Egli-Sinclair aveva da 85 a 96 pulsazioni: Guglielminetti da 72 a 84; Imfeld da 93 a 103. — Dal 13 al 25 di agosto Egli-Sinclair perdette 7 chilogrammi di peso; Guglielminetti 3.5; Imfeld 3 chilogrammi.

La descrizione che fece il dottor Guglielminetti di questa spedizione è pure poco confortante [1]. Nei primi quattro o cinque giorni soffrirono molto, egli dice: ebbero vomito, inappetenza, affanno del respiro ad ogni piccolo movimento, e grave malessere. Si vede che non era loro bastato di essersi fermati due giorni ai Grands-Mulets per acclimatarsi all'aria rarefatta. Guglielminetti dice: “Mon énergie physique était presque annulée.„

Ad aggravare la disposizione naturale del dottor Egli-Sinclair e del Guglielminetti, per il male di montagna, credo abbia contribuito molto il freddo. Il fatto da essi ricordato che vi era un vetro rotto nella capanna mentre durava la tempesta, la confessione che non poterono studiare la circolazione del sangue perchè avevano “les doigts engourdis par le froid„ mostra che la spedizione non fu ordinata bene e che la stufa non funzionava a dovere. Essi non lo dicono per gentilezza verso il loro ospite l'ingegnere Imfeld. Credo che sia un errore l'aver bandito l'uso della legna nel rifugio Vallot; se potrò ritornare sul Monte Bianco, voglio scrivere sulla porta il verso d'Orazio:

Dissolve frigus ligna super foco.

Il dottor Guglielminetti dice chiaramente quale fosse la temperatura della capanna. “Le lendemain, troisième jour, le temps s'améliora; mais il faisait toujours très froid, le thermomètre ne dépassa guère 0° et il faisait —10° dehors. L'encre avait gelé pendant la nuit, et nous nous sommes réveillés avec des glaçons aux moustaches.„

Il freddo predispone al male di montagna, e ne aggrava i fenomeni: questo dimostrò chiaramente il Conway nel suo ultimo viaggio sull' Himalaja. Un' altra testimonianza del freddo che si soffrì nella capanna Vallot, durante il soggiorno della spedizione del 1891 ci è data dallo Schrader [2] il quale dice che erano sempre molto vestiti: “car même dans les chambres, la température s'abaisse à plusieurs degrés au dessous de zéro. Des efforts incessants pour réchauffer la chambre où la température était descendue à — 7°, et où nous grelottions dans nos vêtements superposés.„

[1] E. Guglielminetti, *Trois semaines au Mont-Blanc.* L'Écho des Alpes, 1894, N. 2, pag. 133.

[2] F. Schrader. *Une tourmente au Mont-Blanc*, 1891. Annuaire du Club Alpin Français, 1895, pag. 28.

II.

Il dottor Guglielminetti parlando delle osservazioni fisiologiche da lui fatte sul Monte Bianco dice: I portatori sentivansi meglio di noi, perchè la maggior parte di loro erano stati qualche giorno prima impiegati nei lavori di ingrandimento della capanna. Tutti però confessavano di aver sofferto nei tre, o quattro primi giorni. e di essersi dopo acclimatati, eccetto due, che malgrado tutto. e malgrado le inalazioni di ossigeno furono obbligati a scendere nella valle.

“ Uno dei risultati più curiosi del male di montagna. dice il dottor Guglielminetti, fu l'annientamento della volontà, e una indifferenza completa per noi e gli altri. Ho dovuto fare uno sforzo supremo per constatare che la temperatura del nostro corpo era normale in tutti (36°,8 a 37°,5). Il polso accelerato tra 96 e 103. I movimenti del respiro da 23 a 30 per minuto. „

La quantità di orina era scemata di 900 grammi al giorno. ma essi bevevano meno che in basso. Il dinamometro non indicò differenza nell'energia dei muscoli.

Tali osservazioni furono fatte nel primo giorno, ma evidentemente perduravano gli effetti del male di montagna, perchè il dottor Guglielminetti soggiunge: “ La deuxième nuit fut encore très mauvaise. Nous nous étions à peine un peu réchauffés sous nos couvertures qu'un de nos guides vint nous dire qu'on apportait dans la cabane un jeune Parisien totalement épuisé. Je voulus me lever pour lui faire préparer quelque chose; ce me fut absolument impossible. Pour rien au monde je n'aurais pu avoir l'énergie nécessaire. „

Il dottor Egli-Sinclair fece delle ricerche sulla quantità di emoglobina contenuta nel sangue, e nella sua relazione dà un tracciato dal quale appare che in tutti tre vi fu una certa diminuzione. Questa però fu minore nel dottor Guglielminetti, un po' maggiore nell'ingegnere Imfeld, e massima in lui. Dopo quattro giorni il valore nell'emoglobina tornò a risalire verso il normale in tutti tre.

Il dott. Egli-Sinclair vorrebbe stabilire uno stretto rapporto tra il contenuto della sostanza colorante del sangue e il male di montagna, ma le osservazioni furono da lui compiute in condizioni tanto sfavorevoli, che i suoi risultati non sono attendibili. Del resto il prof. Kronecker fece già notare come i fenomeni del male di montagna compajano e cessino con tale rapidità che non possono certo dipendere dal sangue, perchè l'emoglobina non

può distruggersi e riprodursi con altrettanta prontezza. Certo il freddo distribuisce in modo diverso i corpuscoli del sangue e il siéro nei vasi sanguigni. Per dubitare del valore di queste esperienze basta ricordare quanto dice Guglielminetti: “ Egli–Sinclair comptait au microscope le nombre de corpuscules contenus dans une goutte de sang prise une fois par jour à l'extremité de nos doigts glacés. „

Farò più tardi una critica generale degli studi sul sangue nelle ascensioni, dove mostrerò che i metodi attuali d'indagine non sono abbastanza esatti. Queste osservazioni di Egli–Sinclair sono anche meno attendibili per altre ragioni che qui è inutile riferire. Lo stato psichico di questi sperimentatori non era tale da permettere che fossero esatti i risultati delle loro osservazioni. Lo disse Egli-Sinclair stesso. “ Pour compter les globules du sang, il fallait, en les examinant avec attention sous le microscope, retenir légèrement la respiration, ce qui m'était très pénible, et c'est pourquoi il est bien compréhensible et excusable que ce comptage n'ait pas atteint l'exactitude désirée. „

La mancanza della calma necessaria alle indagini, impedì al dott. Egli-Sinclair e al dott. Guglielminetti di mettersi d'accordo sul valore delle osservazioni fatte. Infatti quest'ultimo attribuisce la diminuzione dell'emoglobina osservata da Egli-Sinclair semplicemente ad una diminuzione dei corpuscoli rossi, e dice:

“ J'avais à Chamonix le 12 août 6 400 000 corpuscules par millimètre carré, et 4 millions seulement, le 17, dans la cabane; il est vrai que le nombre est remonté à 5 millions le 21. Chez lui-même la diminution m'a paru aller jusqu'à 3 millions. Quoique Egli prétende que la correction de ces chiffres ne puisse pas être certifiée, je dois cependant maintenir le fait de la diminution des corpuscules rouges, parce qu'il donne une grande importance à la diminution de l'hémoglobine au Mont-Blanc, à l'anoxyhémie constatée dans quelques gouttes de sang. „

Una cosa imparai in questa mia gita al Monte Bianco, cioè che l'ossigeno non serve a nulla contro il male di montagna. Fu per me una disillusione profonda, perchè tutta la fisiologia di P. Bert era fondata su questo: che il male di montagna fosse prodotto dalla mancanza di ossigeno, e che questo gas bastasse per guarirne immediatamente. Oramai siamo tutti convinti che il portare l'ossigeno in montagna è altrettanto inutile, quanto il darlo ai moribondi dei quali nessuno certo fu salvato dall'ossigeno.

Il dott. Guglielminetti dopo aver fatto l'ascensione del Monte Bianco ed essere disceso quando si sentiva molto male, disse:

“ J'essayai d'aspirer de l'oxygène, mais je n'en obtins aucun soulagement. „

Eravamo nella capanna dei Grands-Mulets con un tempo pessimo. Invitai il sig. Federico Payot e le guide a bere con me nell'albergo della vecchia cuoca Maria. Dopo, il sig. Payot mi invitò ad un ricevimento in casa sua, nella capanna che aveva costruito accanto come deposito per l'osservatorio del Janssen che doveva costruirsi sul Monte Bianco. La prima cosa che mi colpì fu una grande catasta di cilindri di ferro ammucchiati in un angolo della capanna, i quali contenevano dell'ossigeno compresso.

Avevo veduto portar su di questi cilindri, solo mi meravigliai che fossero tanti. Continuando a bere feci sommariamente un'inchiesta per mio conto, che ho continuato anche dopo a Chamonix, parlando cogli operai che avevano sofferto il male di montagna. Cosa strana e per me affatto inattesa, neppur uno mi disse che avesse provato qualche beneficio dalle inalazioni dell'ossigeno. Quella sera siccome si stava bevendo e ad una delle guide gli era scappato detto che il vino era meglio dell'ossigeno, tutti ripetevano questo scherzo.

Uno dei portatori col quale mi accompagnai su pel Monte Bianco, al quale chiesi se quei cilindri che egli portava erano utili a qualche cosa, mi rispose sorridendo: “ Sono utili a noi che li portiamo. „ Diede una tale scrollatina di spalle, che subito pensai ad uno speziale venuto in voga per un suo cerotto che si metteva sul petto per guarire la tosse. Un amico, avendogli chiesto in confidenza se proprio quel suo cerotto faceva bene, il farmacista rispose: “ Intanto comincia a far bene a chi lo vende. „

III

Una burrasca terribile si scatenò sul Monte Bianco la notte del 19 agosto, e il tuono continuò a rumoreggiare nel giorno successivo. Il 21 cominciarono a venir meno le provviste nella capanna Vallot. Gli operai che lavoravano per fare il tunnel e cercare la roccia sotto la cupola del Monte Bianco erano scoraggiati. Giuseppe Simond che volle lavorare mentre cadeva la neve sulla vetta, era disceso con un piede gelato e le mani completamente insensibili. Si deliberò di far partire alcuni uomini dalla capanna Vallot. Scesero con essi due altre carovane, quella del conte Favernay e del signor Rothe.

Queste carovane partirono separatamente dalla capanna Val-

lot: incontratesi per strada si riunirono in una sola cordata. Erano cinque operai dell'osservatorio Janssen, tre guide e due portatori. Il tempo era cattivo; quando giunsero al Petit Plateau, si staccava dal Dôme du Gouter una valanga. La sentirono avvicinarsi senza vederla, tanto era buio. Gli ultimi cinque della fila furono travolti dalla valanga in un crepaccio. La corda si ruppe e il conte Favernay con una guida ed un portatore poterono essere tirati fuori dal crepaccio. Il signor Rothe e la guida Michele Simond morirono sepolti dalla valanga.

Quando giunse la notizia a Chamonix venne subito organizzata una spedizione per correre al salvamento. Mi offrii come medico di andare sul luogo del disastro. In questa circostanza feci la conoscenza del dott. Jacottet il quale mi lasciò andare al suo posto, perchè egli in quel giorno si sentiva poco bene. Alle 3 del mattino eravamo pronti, ma non si potè partire, perchè il tempo era cattivo. Intanto parlai col conte Favernay che aveva una ferita alla fronte.

Verso le 10 partimmo colla pioggia, eravamo in quindici. Per strada incontrammo una parte della carovana, fra cui alcuni feriti che scendevano più lentamente. Un portatore mi fece vedere la corda nel punto che si ruppe. Una guida che medicai per strada aveva una ferita alla testa ed un'altra alla mano che sembravano fatte da un'arma tagliente. Ho compreso che il ghiaccio cogli spigoli acuti, quando si muove con velocità, può tagliar netto qualunque corda.

La notte dormo poco e male. La vecchia serva Maria dei Grands-Mulets, dopo avermi raccontato che il signor Rothe era tanto allegro e faceto, mi aveva condotto nella stanza che aveva occupato egli per ultimo. Rimboccò le lenzuola di quell'umile letto, e mi augurò la buona notte. Sul comodino c' era un libro che riconobbi subito essere una guida Baedeker. Sopra la coperta gialla era scritto:

H. Rothe, Allemagne,
Braunschweig.

Passai una notte tristissima. Alle tre del mattino partimmo. Il tempo continuava ad essere cattivo. Il luogo del disastro è un crepaccio profondo che fu per metà ripieno dalla valanga. Le guide gridano forte: Michel! E poi tutte ascoltano sporgendo il capo sulla voragine. Per scendere sulla neve della valanga caduta in fondo al crepaccio, bisognava calarsi giù a picco per l'altezza di oltre trenta metri. In un momento tutto fu pronto; e cinque guide, tenendo la corda, lasciarono scorrere lentamente

un loro compagno che scese colla picozza. Subito dopo scese un'altra guida legata allo stesso modo.

I colpi della picca, che sbarazzavano la gola del crepaccio. mandavano un suono cupo e funereo; a guardare dall'alto quegli uomini avevano un color livido di cadavere per la luce azzurrognola del ghiaccio. Il vento soffiava impetuoso sulla faccia, e dal cielo buio veniva giù una neve fina che saltellava come granellini di sabbia. Quelle poche ore passate inoperoso, in mezzo alla nebbia, sotto la sferza di un vento glaciale, col sentimento di commiserazione profonda che destava in me quella scena straziante, rimarranno nella mia memoria come le ore più terribili che ho passate sulle Alpi.

Eravamo convinti che si lavorava solo per disseppellire due cadaveri. Il capo delle guide, vedendo che il tempo diveniva sempre peggiore, diede ordine di sospendere l'impresa e ci legammo nuovamente per scendere.

Arrivammo a Chamonix che pioveva dirottamente. Alle prime case di sinistra, presso l'entrata del villaggio, una donna venne fuori sulla porta con un bambino in braccio e ci guardò fissamente cogli occhi rossi senza parlare. Era la moglie di Michele Simond. Le passammo dinanzi con la testa bassa e nessuno ebbe il coraggio di salutarla. Nel guardarla m'accorsi che avevo gli occhi pieni di pianto.

IV.

Gli operai, atterriti da questa disgrazia, non vollero più risalire sul Monte Bianco, quantunque il tempo fosse splendido. Il giorno 24 scesero dall'osservatorio Vallot tutti i membri della spedizione e il 28 agosto risaliva il signor Imfeld accompagnato dal dott. Jacottet. Gli avevo fatto visita, e scherzando gli avevo rammentato che i vecchi piemontesi erano stati più giusti verso il suo predecessore, il dott. Paccard, perchè l'Accademia delle Scienze di Torino l'aveva nominato suo socio corrispondente. Ora a poco per volta va dimenticandosi il nome del medico di Chamonix, che è salito il primo sul Monte Bianco, e nessuna testimonianza pubblica di onore gli fu resa [1].

Il dott. Jacottet era un giovane tarchiato e robusto: quando. pochi giorni dopo, mentre tornavo in Italia, lessi sui giornali che era morto il 2 settembre sulla vetta del Monte Bianco, rimasi pro-

[1] Ed. Whymper, *Chamonix and the range of Mont-Blanc*. London, 1896, pag. 24.

fondamente addolorato che si aggiungesse questo nuovo tragico incidente ad una spedizione già tanto disgraziata.

Riferisco brevemente alcuni dati intorno alla fine del dott. Jacottet come mi vennero favoriti dal dott. Guglielminetti e dal dott. Wizard che fece l'autopsia a Chamonix:

" Le 1er septembre, après deux jours de repos dans la cabane où Jacottet semblait se sentir mieux que nous au commencement, il monta au sommet, y resta une heure et redescendit à la cabane. Pendant la nuit, il ne dormit pas, et toussa beaucoup, se plaignant à déjeuner de maux de tête et de manque d'appétit. Dans la matinée, il écrivit une lettre à son frère, à Vienne, dans laquelle il disait avoir passé une nuit si mauvaise qu'il ne la souhaiterait pas à son pire ennemi. Son malaise s'aggrava tellement qu'Imfeld lui conseilla de descendre à Chamonix, mais il refusa. Il écrivit encore à un de ses amis, lui disant qu'il ne pouvait lui écrire une longue lettre à cause des soulèvements de cœur qui le tourmentaient, qu'il souffrait du mal de montagne comme les autres, mais qu'il voulait étudier l'influence de la dépression atmosphérique et s'acclimater. Ce fut, helas! sa dernière lettre, et ensuite il se jeta sur sa couche en tremblant de froid.

" Le 2 septembre, depuis 3 heures, de fort frissons l'avaient saisi et bientôt il ne put plus porter lui-même son verre à sa bouche; il était comme paralysé et commençait à délirer. *On lui donna de l'oxygène à respirer, mais sans résultat.* La respiration était très superficielle (60 a 70 resp. par minute), le pouls irrégulier (entre 100 e 120), la température 38°,3. Vers 6 heures du soir, il cessa subitement de parler, devint somnolent et entra en agonie. Sa figure pâlit et vers les 2 heures du matin il succomba dans cette cabane de glacier, victime de son dévouement à la science, comme le soldat sur le champ de bataille. „

Il dott. Wizard, dall'esame del cadavere [1], stabilì che il dott. Ja-

[1] Copia dell'autopsia del dott. Jacottet fatta dal dott. Wizard il 4 settembre a Chamonix:

" Vigoureuse constitution, nombreuses lividités, cyanose marquée des lèvres, du visage, des extrémités, cerveau très-bien constitué. Meninges notamment congestionnées. Pas d'adhésions. Vaisseaux de la pie mère augmentés de volume et gorgés de sang. État piqueté de la substance grise, et blanche. Rien de particulier dans les centres, si ce n'est toujours l'état congestif secondaire à un état asphyxique.

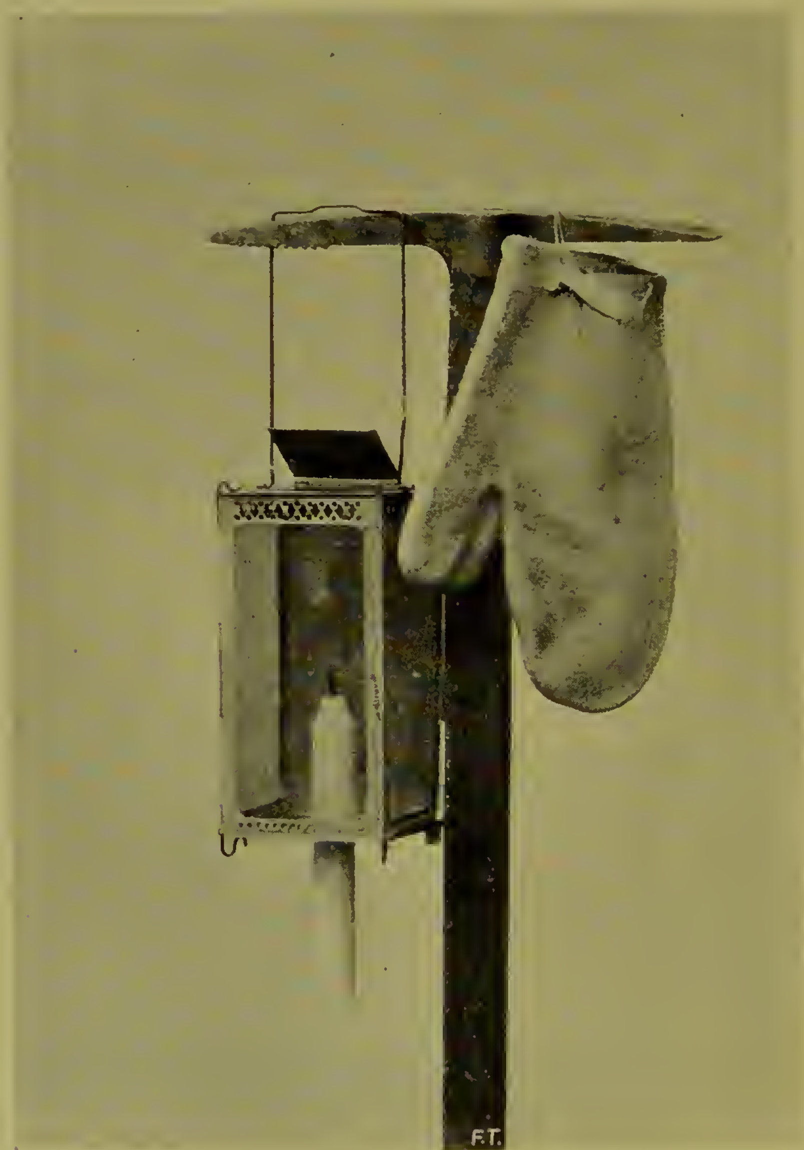
" *Thorax*. Pas d'adhérences, pas d'épanchement.

" *Cœur* normal, valvules suffisantes. Les cavités pleines de caillots.

" *Poumon* couleur violet, gonflé, foncé, congestion bilatérale, œdème considérable, muqueuse bronchique injectée fortement. Le liquide de la coupe est écumeux. Congestion égale partout. Foie, rate, reins normaux. Pas d'œdème des jambes. „

cottet è morto di bronchite capillare e di polmonite lobulare. La causa più immediata della morte sarebbe dunque stato un catarro soffocante accompagnato da edema acuto del polmone.

Ho ricordato i particolari di questo accidente luttuoso, perchè anche nella mia spedizione ebbi un caso di polmonite sulla vetta del Monte Rosa, il quale per fortuna guarì.



CAPITOLO QUATTORDICESIMO.

Osservazioni sul male di montagna.

I.

Il male di montagna, quale si osserva alla Capanna Gnifetti (3620 m.) è generalmente meno grave che ai Grands-Mulets sul Monte Bianco, quantunque la Capanna Gnifetti sia 570 metri più alta. La ragione di questa differenza è che sul Monte Rosa arriviamo alle medesime altezze del Monte Bianco con maggior comodo e meno freddo.

Al colle d'Olen pochi metri sotto l'albergo, sta un grosso macigno. Domandai una volta perchè lo chiamano il *sasso del diavolo*. Mi fu detto che a passargli vicino la gente soffre. Probabilmente sono i primi sintomi del male di montagna che cominciano a manifestarsi a 2800 metri. Chi me lo disse era una guida e soggiunse: — Vede però che quello è il pezzo dove la salita è più ripida.

Durante il mio soggiorno sul Monte Rosa, ho studiato la topografia del male di montagna. Sul libro dei viaggiatori, negli alberghi che stanno alle falde del Monte Rosa e nelle capanne trovai notizie scritte su biglietti di visita e su fogli che i passeggieri lasciarono come ricordo. Studiando tali documenti, vidi che tre sono i punti più difficili a superarsi da coloro che sono disposti al male di montagna. Il primo è una salita poco sopra alla Capanna Gnifetti; l'altro è la salita che va al Lysjoch, o Colle d'argento, così chiamato per la candidezza e lo splendore del suo ghiaccio; il terzo luogo è la punta Gnifetti, dove sorge la Capanna

Regina Margherita. Sono tutti luoghi nei quali è alquanto più ripido il cammino e quindi diviene maggiore la fatica.

Un mio amico ebbe accessi di vomito a stomaco digiuno poco sopra la Capanna Gnifetti, ma non si spaventò per questo, continuò a salire e giunse alla Capanna Regina Margherita in condizioni migliori, tanto che là potè mangiare. Un alpinista non soffrì nel salire alla piramide Vincent, soffrì invece nella discesa, e vomitò tutta la notte nella Capanna Gnifetti.

L'avvocato B. all'altezza di 2800 metri soffrì ripetutamente il male di montagna con sonnolenza, pallore cadaverico, vomito, e cadde in terra restando per parecchi minuti incapace di muoversi.

Un alpinista venendo sul ghiacciaio del Lys contro vento provava una sensazione di nausea, e questa cessava fermandosi e voltando le spalle al vento.

Il deputato M. De Cristoforis, uno dei medici più conosciuti di Milano, lasciò scritto nella Capanna Gnifetti:

" Ho 61 anni. Questa ascensione non mi procurò alcuna traccia di fatica muscolare; con mia figlia e un mio nipote di 10 anni e mezzo saremmo saliti ancora per sei ore stando ai muscoli. Ci mancava l'ossigeno: provavamo un senso di nodo e peso all'epigastrio, il torace stanco per le respirazioni profonde: io che ho d'abitudine 60 a 64 pulsazioni, ne avevo 125-140. Questa esagerazione di circolo mi durò tutto il giorno e la notte, ad onta che fossi in riposo perfetto. Avevamo nausea di cibo tutti, le guide comprese. Salii per 2 ore e mezzo oltre la Capanna Gnifetti; e gli altri (mio cognato che pesa 105 chilogrammi, mia moglie piccolina, mia figlia di 23 anni e un ragazzo di 10 anni e mezzo) andarono fino alla Capanna Margherita. Più salivano e più provavano intensi i fenomeni di ambascia e di nausea. Discesero con risipola superficiale, e lividi in viso. "

Alcuni notavano nei loro biglietti di visita che la prima notte appena giunti all'albergo dell'Olen avevano sofferto nausea, o vomito, od insonnia; ciò nullameno parecchi erano giunti alla capanna Gnifetti, ed alcuni avevano toccate le vette del Monte Rosa.

Un altro lasciò questa notizia interessante che trascrivo: " Si partì da Gressoney Saint-Jean e si venne alla Capanna Gnifetti, dove trovammo un'altra carovana numerosa. Dormimmo male tutti e partimmo alle tre colla luna. Avanti di arrivare al colle del Lys il più robusto della nostra carovana fu colto dal male di montagna. Aveva capogiro, accusava stanchezza, spesso coricavasi sulla neve. Crediamo d'aver fatto troppo in fretta questa salita, perchè in un'ora e mezzo siamo arrivati al grande piano dove

vedemmo lo spuntar del sole. Tornati indietro alla capanna restammo soli la notte. Il giorno dopo quegli che aveva sofferto il male di montagna, fu il migliore camminatore nella gita al Lyskamm. „

Huxley, il celebre fisiologo inglese, soffriva il male di montagna e dovette fermarsi ai Grands-Mulets nella sua ascensione al Monte Bianco con Tyndall. Così ho visto altri alpinisti in età avanzata non trovarsi bene alla Capanna Gnifetti. Credevo che i giovani resistessero più dei vecchi e meglio, ma mi persuasi per vari esempi, che anch'essi non sono immuni dal male di montagna. Un mio conoscente che fa ora le ascensioni più difficili, ebbe a 15 anni uno svenimento alla capanna Sella. Durante la salita da Gressoney stava bene; mentre erano a tavola nella capanna, cadde improvvisamente svenuto.

II.

Il male di montagna (come succede di ogni malattia) si presenta con caratteri diversi a seconda delle persone che lo soffrono. La causa fondamentale (cioè la rarefazione dell'aria) venne però confusa colle cause predisponenti. Che le nostre conoscenze sul male di montagna, siano manchevoli, lo vediamo da ciò, che fu fatto un elenco dei sintomi di questa malattia, ma non fu ancora stabilita con esattezza la sua sede; e anche per lo svolgimento suo, manca fino ad ora una serie completa di descrizioni, mancano le storie cliniche di questi malati, raccolte con diligenza, per procedere ad una classificazione ragionata dei sintomi. Di questo disturbo delle condizioni fisiologiche dell'organismo, devono occuparsi seriamente i medici, mentre che fino ad ora il materiale scientifico fu raccolto quasi esclusivamente dagli alpinisti.

Neppur io durante il soggiorno sul Monte Rosa, ho potuto studiare, come avrei voluto, tale processo patologico; questo però ho veduto, che ha dei periodi nel suo decorso: che si manifesta con accessi anche nello stato di profondo riposo. Riferisco uno di questi esempi per mostrare come si alterino le funzioni del centro nervoso durante il male di montagna.

Il sig. Kœppe arriva alla Capanna Regina Margherita in pessime condizioni. È un signore di 40 anni, partito da Zermatt, e si lagna di non poter muovere bene le gambe dopo che fu preso dal male di montagna. Al mattino il tempo era bello e venne su discretamente sul ghiacciaio del Grenz, fino al colle del Lys,

qui cominciò a provare una grande stanchezza, ebbe nausea e il vomito, benchè fosse digiuno. Intanto cominciò a nevicare ed impiegò sei ore per giungere al colle Gnifetti, tanto erano frequenti le fermate. Arrivato nella Capanna Regina Margherita aveva 120 pulsazioni per minuto, il respiro affannoso, le labbra livide. In mezz'ora migliorò rapidamente. Aveva preso un bicchiere di vino caldo e stava accanto alla stufa. Il vomito era scomparso e tutto pareva finito, solo che di quando in quando diceva di sentirsi male. Gli veniva la palpitazione, e il respiro facevasi più rapido e profondo. In uno di questi accessi, avendo voluto bere un po' di caffè, mi disse che non poteva deglutire, come al solito. I numeri che riferisco qui sotto, danno un'idea sufficiente delle irregolarità che si producevano nel respiro contando ogni minuto per circa mezz'ora: 16. 17. 16. 17. 18. **21. 21.** 17. 16. 17. 19. **20. 24.** 19. 18. 18. 17. 19. **29. 22.** 19. 18. 19. 19. 17. 16. 16. 17.

È importante vedere che anche il centro della deglutizione partecipa al quadro dei sintomi. Quando la respirazione diviene affannosa il cuore batte più frequente, e il centro della deglutizione esso pure si altera. Questo prova che la sede della lesione fisiologica sta nel midollo allungato, ossia nel centro più importante della vita. Perchè si ripetano a periodi gli accessi di malessere nel riposo completo, non sappiamo. È questo uno dei segreti intimi della nutrizione dei centri nervosi, ed uno dei punti più oscuri della medicina.

La complicazione maggiore nello studio del male di montagna sta nelle cause concomitanti le quali lo fanno comparire e lo aggravano. Per il sig. Kœppe è probabile che la burrasca ed il freddo abbiano reso più intensi i fenomeni del male di montagna, perchè riparatosi nella Capanna Regina Margherita non ebbe più il vomito, e passò discretamente la notte. Che nelle forti burrasche vi siano alcuni che soffrono i fenomeni del male di montagna, fu osservato anche dagli alpinisti più intrepidi e mi basta citare l'autorità del Zsigmondy il quale soffrì due notti di nausea e di prostrazione generale. Una volta sul versante sud del Monte Rosa e l'altra alla capanna svizzera del Cervino, e tutte due le volte mentre infuriava una tempesta.

La tensione elettrica, quale osservasi nelle burrasche, favorisce la comparsa del male di montagna. Eravamo nella capanna Gnifetti il 7 agosto, quando verso sera cominciò una tempesta. Scorta una carovana che veniva su pel ghiacciaio, alcuni di noi partirono ad incontrarla. Io scesi alla piccola capanna per aspettarla; giunto sulla porta sentii un ronzìo come di molte vespe dentro alla capanna: guardai e non c'era nulla. Allora sentii che erano

gli angoli della capanna che mandavano un sibilo caratteristico, che subito compresi essere un fenomeno elettrico. Essendo il tempo minaccioso e i lampi vicini mi portai sotto le arcate della capanna superiore. Volendo scrivere un appunto presi il coltello per temperare una matita e vidi che le schegge di legno stavano attaccate al coltello e alla punta delle dita. Gli scoppi del tuono erano vicinissimi: e il cielo così oscuro che non potevasi vedere a cento metri sul ghiacciaio.

Arrivati poco dopo i compagni raccontarono di aver sentito gli effetti dell'elettricità in modo fortissimo. Bizzozero e il caporale Camozzi videro ripetutamente delle scintille serpeggiare intorno alla picozza e sentirono delle punture come di una scarica elettrica. Il caporale Jachini si levò due volte il berretto, perchè credeva vi fossero dentro degli spilli che lo pungessero, poi sentì come una grandine fitta che gli battesse sulla testa, e mettendo la mano sul capo si persuase che non c'era nulla. Il dottor Abelli e Beno Bizzozero, che per divertimento avevano fatto spesso quella gita, giunsero ansanti e trafelati e non finivano dal maravigliarsi di essere tornati in quello stato, con affanno del respiro, le gambe che non gli reggevano e leggero giracapo.

Conchiudemmo che il tempo cattivo bisogna fuggirlo anche per questa ragione, che deprime le funzioni dell'organismo e produce il male di montagna.

III.

Circa la metà delle carovane che partono da Chamonix pel Monte Bianco, si fermano ai Grands-Mulets. Dal versante di Gressoney e Macugnaga forse è un poco maggiore il numero di quelle che riescono a. fare la salita del Monte Rosa. In questi dati statistici c'entra come fattore il tempo, il quale può cambiare dopo che una carovana si è messa in moto, e c'entrano tutte le altre peripezie di un'escursione: ma tale media serve fino ad un certo punto per indicare la frequenza attuale del male di montagna.

Nel soggiorno alla capanna Regina Margherita, m'accorsi che non vi è differenza tra i passeggeri che arrivano dal versante di Zermatt, o dal versante italiano. Forse soffrono un poco di più le carovane che vengono da Zermatt, perchè l'ascensione è più lunga e faticosa. In una carovana di cinque persone solo una fu illesa e anche le due guide svizzere soffrirono. L'irrequietezza e le sofferenze di quei disgraziati facevano uno strano contrasto

colla voglia che avevamo tutti noi di essere lasciati un po' tranquilli per dormire. Il vento soffiava tanto forte che la capanna scricchiolava. Era una illusione completa come di trovarsi in mare; gli sforzi continui di vomito, e i gemiti intorno dettero una realtà così terribile a quel sogno di un naufragio sull'oceano burrascoso che non dimenticherò più mai quella nottata.

Quando la neve è profonda e molle in modo che vi si affonda fino al ginocchio, mi dissero i custodi della Capanna Regina Margherita che i passeggeri soffrono di più il male di montagna.

La fatica produce effetti cumulativi riguardo al male di montagna. Succede allora che l'azione nociva dell'aria rarefatta si manifesti con ritardo. Me ne sono persuaso, esaminando gli operai che costrussero la Capanna Regina Margherita sul Monte Rosa e l'osservatorio Janssen sul Monte Bianco. I minatori i quali andarono sul Monte Rosa per spianare la roccia dove fu costruita dopo la Capanna Regina Margherita nei primi giorni non soffrirono affatto, ma dopo, essendosi affaticati, provarono tale incomodo, che non vollero più continuare a nessun costo.

L'azione cumulativa è causa di effetti, per così dire, *postumi* dell'aria rarefatta. È frequente il caso che il male di montagna ci assalga più forte nella discesa, che nella salita. Questo è capitato a me quando andai al Monviso. Avevo dormito poco la notte precedente: giunto sulla vetta del Monviso lavorai attivamente per scrivere il polso e il respiro. Quando nella discesa giunsi alla fontana di Sacripante, fui preso dal vomito e da malessere grave che durò circa mezz'ora.

Il male di montagna tende piuttosto a diminuire che a crescere, e per ciò non bisogna darvi troppa importanza. Questo è necessario anche per il fatto che uno deve rompere il cerchio vizioso nel quale è preso, perchè chi si lascia abbattere aggrava involontariamente i fenomeni del male di montagna e peggiora il suo stato.

Zurbriggen ed altre guide mi avevano assicurato che reca sempre beneficio il perdere sangue dal naso, quando uno soffre il male di montagna. Mentre ero nella capanna Regina Margherita, un signore appena arrivato ebbe un'emorragia piuttosto forte dal naso. Feci attenzione, ma non vidi alcun effetto. era un alpinista di Milano forte e robusto; egli continuò a vomitare nella notte: ed i sintomi si mantennero tali quali, quando partiva al mattino per scendere.

Molti avranno sentito raccontare che i cavalli ed i muli soffrono il male di montagna come gli uomini. Saussure quando andò al ghiacciaio del Teodulo racconta che i suoi muli non

potevano andare innanzi, tanto avevano la respirazione difficile in causa dell'aria rarefatta e che uno di questi mandava nel respirare un lamento come egli non aveva mai sentito nella pianura anche per fatiche molto maggiori [1].

Nel Perù quando gli animali si trovano in tali condizioni e non possono più camminare c'è l'uso di fare un salasso sotto la lingua. Questo certo non può far bene e tanto meno dar forza: ma di tutti i rimedi popolari succede così, che se proprio non uccidono, molti li credono utili.

IV.

Il male di montagna compare di notte nel riposo. Capita mentre uno dorme d'essere svegliato improvvisamente da un malessere non provato prima, di sentire un'oppressione al petto, e una difficoltà a respirare. Chiunque abbia dormito in alto si ricorda che qualcuno dei suoi amici, o egli stesso, si è alzato per respirare meglio. Trattandosi di un fenomeno che dobbiamo discutere, forse è meglio fare qualche citazione di alpinisti di primo ordine che si lamentarono di essere presi dal male di montagna nella notte, perchè resti escluso il dubbio che si tratti di altre cause che non sono l'aria rarefatta. Abbiamo già veduto che Zumstein provò quest' effetto notturno al Monte Rosa. I fratelli Schlagintweit nel 1855 e recentemente Conway nelle alte regioni dell'Asia provarono il medesimo fenomeno di essere svegliati di notte da un malessere che non avevano provato nella giornata. Essi attribuirono però questo fatto al vento leggero che soffiava di notte.

La signora Hervey nel suo celebre viaggio a traverso l'Asia centrale, arrivata all'altezza di 5700 metri, dice: " il male di capo era diventato maggiore che non fosse abitualmente, ed avevo una oppressione terribile di petto; sopratutto la notte era molesta per l' incomodo doloroso della respirazione e la palpitazione di cuore. Avevo appena un'ora di sonno continuo poi dovevo sedermi sul letto, perchè non potevo più respirare stando coricata. Queste regioni elevate non sono fatte per i miei polmoni „ [2].

Anche nell'America succede il medesimo fenomeno, citerò solo quelli che ne soffrirono ad altezze poco considerevoli, come D'Or-

[1] *Op. cit.* Tomo IV, pag. 380.

[2] M. Hervey, *The adventures of a Lady in Tartary, Thibet, China and Kashmir*. London, 3 vol., 1853, pag. 152,

bigny a la Paz (3648 m.). Per altre città del Perù e della Bolivia, Guilbert parla di questo malessere della palpitazione che prende di notte. Poeppig ne soffrì pure a Cerro de Pasco (4350 m.): "è la notte, dice, che produce la soffocazione più forte ed è un vero martirio, perchè non si può stare coricati[1]„.

Nella capanna Regina Margherita mi sono convinto che non dipende dall'aria alterata, o dalla sua temperatura. Mio fratello che più degli altri soffriva di questo incomodo, spesso si sedeva sul letto di notte, perchè diceva mancargli il fiato. Qualche volta si alzava, faceva alcuni passi nella capanna, senza aprire la finestra, od uscire (che spesso era impossibile), tornava a coricarsi e dormiva. Mio fratello durante tutto il soggiorno a 4560 m. provò questo incomodo: respirava meglio da alzato che non da coricato. Fino d'allora incominciammo a discutere questo fenomeno, che ha un lato per così dire paradossale. Da coricati consumiamo meno ossigeno, perchè il riposo è maggiore: appena ci alziamo c'è un numero grande di muscoli che funziona, il cuore batte più celere, la pressione aumenta: se fosse solo una questione chimica di ossigeno evidentemente dovremmo star meglio coricati.

Mio fratello stesso dormiva così profondamente che non si accorgeva dei rumori abbastanza forti che facevansi vicino a lui: dopo svegliavasi spontaneamente, provando una certa oppressione.

Osservando questa palpitazione e quest'affanno del respiro, mi ricordai che dopo la fatica di un'ascensione, succedono accessi di *angina pectoris*, nelle persone predisposte a questa malattia tanto temibile e così poco nota. A parer mio la sede del male di montagna deve riporsi in una depressione dei centri nervosi, in una leggera debolezza del cuore, in una momentanea diminuzione dell'energia di quest'organo, ed in un consecutivo rallentamento della circolazione, che dà origine all'affanno del respiro. La fatica che ha indebolito il cuore sarebbe uno dei fattori principali di questi accessi, i quali peggiorano nel sonno, e migliorano stando in piedi, perchè la pressione aumentata del sangue stimola ed eccita il muscolo cardiaco, facendo cessare l'inerzia della sua innervazione.

V.

La vita alpina ci rende meglio inclinati all'osservazione interna di noi stessi. Me ne accorsi dall'abbondanza di osservazioni che mi fornirono spontaneamente alcuni alpinisti. Forse è la solitu-

[1] Ed. Poeppig, *Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonenstrome.* Leipzig. 1832, 1836.

dine e il veder scomparire ogni traccia della vita, quanto più si sale, che rende più sentito il desiderio di conoscere come funzioni l'essere nostro in quel mondo deserto. Fra gli esempi di osservazioni fisiologiche importanti che mi vennero favorite da alpinisti che incontrai sul Monte Rosa, ricorderò solo questa: I sig. Natale Carini e Achille Bertarelli entrambi di Milano, appena giunti alla Capanna Regina Margherita, mi diedero queste notizie sul loro polso:

	Albergo Olen.	Capanna Gnifetti.	Cap. Regina Margherita.
Bertarelli	80	85	74
Carini	90	90	86

Partirono il 13 agosto dall'Albergo dell'Olen, fecero la salita comodamente, dopo aver dormito bene alla Capanna Gnifetti, e giunsero alla Capanna Regina Margherita quando cominciava in loro a manifestarsi il male. Avevano il polso debolissimo che batteva più lento del normale, la faccia e le mani livide. L'ultima parte della salita sembrò loro durissima. Il sig. Bertarelli era tanto debole che quando mancavano dieci passi per giungere alla porta, lo vedemmo chiedere una fermata ai colleghi che erano legati con lui.

È un fatto inatteso che il polso, malgrado la fatica e l'altezza di 4560 m., sia meno frequente che in basso. Anche qui come in altre condizioni della vita, vi sono delle cause le quali agiscono in senso contrario e si elidono. La stanchezza, la temperatura elevata del sangue, la rarefazione dell'aria e l'emozione tendono ad accelerare il polso, ma la depressione, la nausea, il vomito e lo strapazzo del cuore tendono a rallentarne i moti.

I rapidi cambiamenti del polso osservati nelle ascensioni e più che tutto nel male di montagna, dipendono dallo stato dei vasi sanguigni. Dilatandosi questi, diminuisce la resistenza alla circolazione del sangue e il cuore batte più celeremente. Però se prevalgono i fenomeni della mancanza di forze, comincia la nausea immediatamente, il polso può rallentarsi, e da celerissimo che era scende anche sotto la media.

Quando la pelle è molto arrossata, e sudiamo molto, siamo più facilmente presi dal male di montagna. Questo ci spiega perchè in alcuni canali, in certe valli chiuse, le guide prevedono che quelli della comitiva, che già vacillano, si sentiranno peggio. Il cuore esaurito dalla fatica, dai frequenti passaggi dal freddo al caldo, è meno resistente a questi sbalzi della pressione sanguigna. Si rimane, per così dire, più anemici, quando il sole ed il caldo arrossano la pelle.

VI.

Qualche volta il male di montagna compare per effetto di una semplice emozione. Un mio amico, celebre alpinista, l'avvocato B...., partiva da Courmayeur ben disposto. Arrivato al lago Combal, una vecchia guida che scendeva dal Monte Bianco, lo dissuase, dicendo che il tempo era cattivo e la neve pessima e che certo non sarebbero riusciti nell'impresa.

Egli aveva nella sua comitiva un collega del quale non era molto sicuro. Questa preoccupazione grave, dice lui, gli tagliò le gambe e si sentì subito stanco. L'incertezza della decisione, che dipendeva da lui il prendere, fece sì che alla capanna a 3200 metri non mangiò e dormì male. Al mattino il tempo si era fatto bello e partirono per la vetta del Monte Bianco. Fino a 4000 metri vomitò parecchie volte, e quando giunse alla capanna Vallot era in buone condizioni, e dopo come al solito stette benissimo.

Che la paura faccia comparire il male di montagna, me ne accorsi una volta attraversando in fretta un canalone. Non c'erano più di 50 passi da una parete all'altra. Di quando in quando passavano delle pietre, piccole allora, ma che all'improvviso avrebbero potuto diventar grosse. Oltre a questo pericolo che non dipendeva da noi l'evitarlo, c'era l'inclinazione forte del canalone, dove scivolando si rischiava la vita. La guida ci avvertì di star bene in guardia e si studiarono prima vari punti dove il tragitto potesse eseguirsi più facilmente. Eravamo a 3200 metri. Un mio amico appena giunto dall'altra parte si aggrappò ai sassi ed ebbe subito nausea e vomito.

Intorno all'effetto delle emozioni vi è una certa discordanza nei fatti da me raccolti. Questo però era da prevedersi. Succede del male di montagna quello che è stato osservato da molti per il male di mare. È una vecchia osservazione già pubblicata dal nonno di Darwin. Un mio amico, scriveva Darwin [1] buon osservatore e verace, m'assicurava di aver egli più di una volta osservato che in un vascello, posto in gran pericolo di perdersi, il male di mare cessava istantaneamente e ripigliava di bel nuovo dopo passato il pericolo.

Forel fece a questo proposito delle osservazioni molto importanti sul Monte Rosa, che credo opportuno riferire integralmente [2]:

[1] Darwin, *Zoonomia*. Tomo II, Milano, 1803, pag. 85.

[2] Forel, Opera citata, pag. 110.

“ Le fait le plus intéressant que m'a présenté cette course est celui de la disparition, au commencement de la montée de la Botzertolle, des symptômes du mal des montagnes. En préparant ma course j'avais eu soin de m'informer auprès de toutes les personnes qui connaissaient le Mont-Rose du point où l'on souffre le plus du mal des montagnes. Il est en effet connu que chaque montagne a sous ce rapport sa localité spéciale; ce n'est pas en général sur la cime, bien aérée et bien ventée, sur les arêtes dangereuses ou intéressantes, que le mal se fait ressentir le plus; c'est surtout dans des rampes neigeuses, encaissées, bien protégées contre les vents et ennuyeuses; je citerai comme exemple le *corridor* du Mont-Blanc. Tous les rapports qui me furent faits étaient unanimes; c'était à la Botzertolle, avant d'arriver au Sattel, que tous les voyageurs, et même souvent les guides, étaient eprouvés. Sur l'arête du sommet au contraire, personne ne pense à souffrir du mal des montagnes. Je me preparai donc à étudier soigneusement cette Botzertolle. Je m'en fis indiquer le commencement par les guides, et je me forçai depuis son origine à monter rapidement et sans arrèt, de manière à exagérer par la fatigue les symptômes dont je souffrais avant de l'aborder. Mais, chose étrange, je vis ces symptômes disparaître l'un après l'autre; à mesure que je dirigeais spécialement mon attention sur l'un d'eux je le sentais s'évanouir. La fatigue, la lassitude, la dépression, la céphalalgie, me laissèrent ainsi l'une aprés l'autre, et j'enlevai ce passage ennuyeux en parfaitement bon état, à la stupéfaction de mes guides qui m'avaient vu péniblement affecté dans des régions beaucoup moins fatales aux autres voyageurs. L'attention, l'intérêt scientifique a donc eu pour moi dans ce cas le même effet curatif que possède le danger; personne ne souffre du mal des montagnes dans les passages dangereux.

“ Cette action du moral, et de l'attention en particulier, sur le mal des montagnes doit être signalée, et mérite d'être considerée plus qu'on ne l'a fait jusqu'ici dans l'étude de ce mal; je me borne à l'indiquer ici. „

Quando Forel pubblicò questa osservazione v'era però già l'affermazione di altri alpinisti che dicevano il contrario. Trattandosi di contraddizioni per le quali il lettore è sempre meno indulgente, ricorderò che un altro fisiologo, il Le Pileur, disse che i signori Bravais e Martins avevano una sensazione di nausea tutte le volte che osservavano con grande attenzione gli strumenti [1].

[1] *Comptes rendus*, *1845*, Tomo 20, pag. 1200.

Poichè ho paragonato il male di montagna al mal di mare. ricorderò che anche per esso, abbiamo le medesime contraddizioni. Lo stesso Erasmo Darwin, che ho citato prima, scrisse:

“ Io osservava che l'ondeggiamento della barca e l'instabilità di tutti gli oggetti visibili, mi producevano forte propensione al vomito; e questa propensione continuava e cresceva col chiudere degli occhi, e cessava subito che io impiegava con molta energia la mia attenzione al maneggio e al meccanismo delle corde e delle vele; ritornando tutte le volte che io mi distoglieva dalla mia attenzione „ [1].

VII.

Nel male di montagna si vede spessissimo che le labbra sono livide, le mani e le guance azzurrognole. Tra le mie note di viaggi alpini, scritte sopra i 3500 metri, trovo spesso la parola *cianosi* [2]. È il termine medico per indicare il color violetto della pelle. La cianosi, quale osservasi sulle Alpi, è la forma più benigna e quasi fisiologica. La debolezza del cuore produce la cianosi; perciò essa si osserva in quasi tutte le malattie del cuore; e scompare quando il cuore per azione propria, o dei rimedi, torna a far circolare bene il sangue. Si capisce che scorrendo più lentamente il sangue nella pelle, esso diventi più venoso, e quindi più scuro, perchè contiene meno ossigeno.

Se diminuisce la pressione del sangue, come dopo uno strapazzo e dopo aver ballato tutta la notte, le vene si dilatano. Intorno all'occhio dove la pelle è sottile e le vene sono più abbondanti, compare un cerchio azzurro. Qualunque eccesso esaurisca il sistema nervoso, produce il medesimo effetto. Anche le ascensioni danno un livido intorno all'occhio in molti alpinisti. Una dilatazione delle vene caratteristica, è quella che dà il color azzurro della pelle nei geloni. Nelle forme gravi di congelazione, il colore turchiniccio della pelle è dovuto ad un'alterazione dei vasi. Anche un pizzicotto lascia un color di piombo sulla pelle, se la pressione meccanica sui vasi sanguigni fu troppo forte. Quando mettiamo semplicemente le mani nell'acqua calda e, dopo

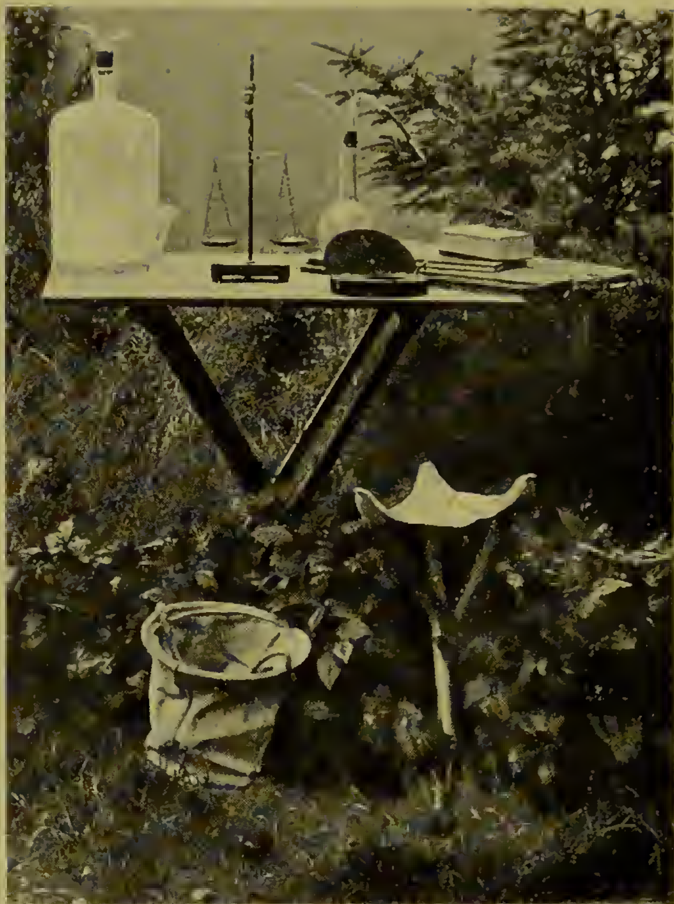
[1] Darwin, *Zoonomia.* Tomo II, Milano, 1803.

[2] *Ciano* vuol dire azzurro e così chiamasi quella specie di centaurea coi bei fiori celesti tanto comuni nelle messi. Colla medesima radice greca si fece la parola *cianosi* che serve ad indicare il color livido della pelle, quale si vede in molte malattie.

che sono arrossate, le tuffiamo nell' acqua ghiacciata, compare nelle dita un color violetto simile a quello che ciascuno ha provato d' inverno e sulle Alpi per azione del freddo. Le piccole arterie si contraggono e nei capillari e nelle piccole vene, dove mancano le fibre muscolari per contrarsi, il sangue rimane stagnante, od almeno ingorgato, perde poco per volta il suo ossigeno e la pelle diventa violetta. Tale è l'origine della cianosi cagionata dal freddo. Così succede pure nella febbre quando vediamo che le mani e la faccia sono azzurrognole nel brivido.

Ma sulle Alpi la cianosi si mantiene anche quando è cessato il freddo. Parecchi giorni dopo che eravamo nella Capanna Regina Margherita dove le stanze erano bene riscaldate, la cianosi non era ancora scomparsa. In questi casi deve essere un altro il meccanismo che la produce: sono la debolezza del cuore, la diminuita pressione del sangue e la circolazione periferica languente, che mantengono questi lividi nella pelle. Nel male di montagna la cianosi non manca mai, per quanto potei osservare.

S. M. la Regina, quando arrivò alla capanna, che ora porta il suo nome, aveva un leggero colore azzurro delle guance. L'ultimo tratto della salita, che è il più difficile, aveva dovuto farlo a piedi. Mi disse che non soffrì nulla; solo provò una sensazione di stringimento alle tempie, come se una sbarra di ferro le cingesse la testa. Per Lei, che non ha mai sofferto mal di capo, era un fenomeno insolito e credeva che le scoppiassero le vene alle tempie.



Un angolo del laboratorio alpino.

CAPITOLO QUINDICESIMO.

L'attività chimica della respirazione sulle Alpi.

I.

Saussure dice che il fuoco bruciava meno bene sul Monte Bianco, e che bisognava soffiar sempre sui carboni, perchè altrimenti si spegnevano subito. Erano in diciotto persone, e si fermarono circa quattro ore. Per bere facevano fondere della neve. L'acqua fredda era la sola cosa che loro piacesse; il vino ed i liquori non gustavano più a nessuno. Sul Monte Bianco l'acqua bolle a 84°03. Ciò nullameno l'apparecchio contenente l'acqua, impiegò mezz'ora prima di bollire. Lo stesso apparecchio, colla medesima quantità d'acqua e di alcool, bolliva in 12 minuti al livello del mare.

Frankland e Tyndall avevano già trovato che sul Monte Bianco le candele di stearina si consumano alquanto meno che in basso. Essi attribuirono tale differenza al freddo: ma la cosa è diversa. Ho incaricato il dott. A. Benedicenti [1], aiuto nel mio laboratorio, di studiare la combustione nell'aria rarefatta.

Dalle ricerche del dott. Benedicenti risultò, che il consumo di combustibile è minore alla pressione diminuita, anche quando la temperatura dell'aria ambiente è costante. Non riferisco queste esperienze perchè bisognerebbe descrivere apparecchi complicati, e riprodurre una lunga serie di cifre.

Nelle prime esperienze ci servimmo di candele, dopo adoperammo dei lumini ad olio che avevano il lucignolo d'amianto, i quali bruciano con regolarità assai maggiore delle candele steariche. L'intensità della fiamma corrispondeva ad un lumino da notte. Ora se una di queste fiamme alla pressione ordinaria ed alla temperatura di 12° a 13°, consumava in un'ora gr. 2,1930 di olio, alla medesima temperatura ed alla pressione diminuita di 360 mm., che corrisponde a 5950 metri in altezza sul livello del mare, consumava solo più gr. 1,9119, cioè gr. 0,2811 in meno.

Abbiamo pure cercato se la combustione era perfetta, e trovammo che era tale, ma non mi fermo oltre in questo argomento perchè il lettore che desidera maggiori ragguagli può consultare la Memoria del dott. Benedicenti dove troverà rettificate le indagini primitive di Tyndall [2].

II.

Queste osservazioni del dott. Benedicenti hanno uno stretto legame collo studio del respiro sulle Alpi, perchè dopo le celebri esperienze di Lavoisier tutti sanno che la respirazione può rassomigliare per molti riguardi alla combustione.

Devo ricordare che la fiamma di un lume è assai più sensibile che non siano l'uomo e gli animali alla mancanza di ossigeno. Una candela si spegne dove l'uomo continua a vivere e però a respirare. Tommaso Laghi fece queste esperienze verso la metà del secolo scorso a Bologna. Mettendo sotto una grande campana un uccello, un topo od un gatto insieme ad una candela

[1] A. Benedicenti, *La combustione nell'aria rarefatta.* Rendiconti Accademia dei Lincei, 17 maggio 1896. — In questa memoria fu pure raccolta la parte bibliografica di tale argomento.

[2] Tyndall, *Hours of exercise in the Alps*, pag. 56.

accesa, vide che gli animali continuavano a vivere per delle ore in quell'aria chiusa dopo che la candela si era già spenta [1].

Giovanni Francesco Cigna, professore di anatomia e fisiologia nell'Università di Torino, iniziava nel 1760 gli studi fisiologici sull'azione dell'aria rarefatta [2]. L'apparecchio costruito dal Cigna consisteva in un grande boccione di vetro, capace di contenere 50 libbre di acqua. Il collo era chiuso da un grande tappo a vite di rame per il quale poteva introdurre un passero e dopo si chiudeva. Due tubi laterali di vetro messi ai lati del collo nella grande boccia venivano messi in comunicazione, uno colla macchina pneumatica, l'altro con un manometro a mercurio che segnava la pressione interna. Cigna disse che anche nella campana pneumatica gli animali vivono come succede sulle montagne, purchè l'aria venga continuamente rinnovata.

Riferisco una di queste esperienze del Cigna perchè l'apparecchio suo è lo stesso che adoperava un secolo più tardi P. Bert:

" Per conoscere più esattamente quanta fosse la rarefazione dell'aria che gli animali possono tollerare, ho fatto la seguente esperienza. Misi un passero sotto la campana pneumatica, e feci funzionare la macchina aspirante fino a che il manometro segnasse 19 pollici (513 mm.). L'altezza del barometro era di 27 pollici e mezzo (742 mm.). Dopo lasciai entrare dell'aria fino a che il manometro segnava due pollici di meno (54 mm.). Poi tornai a pompare fino a che il manometro segnava nuovamente la depressione di prima (513 mm.) e così continuai a dare e togliere dell'aria per mezz'ora di seguito in modo che vi fosse una corrente d'aria sufficiente a mantenere la vita. Questo passero in principio vomitò, dopo stette bene e levato dopo mezz'ora era integro e vigoroso, ma dopo ricomparve la dispnea, fu preso da convulsioni e morì poco dopo che fu tolto dalla campana. "

Questo passero aveva resistito per mezz'ora ad una pressione di soli 229 mm. del barometro, il che corrisponde ad una rarefazione dell'aria maggiore di quella che vi è sulla più alta montagna del mondo, perchè sul Monte Everest, a 8840 metri, la pressione è solo 248 mm.

[1] Thomæ Laghii, *De animalium in ære interclusorum interitu*. De Bononiensi Scientiarum Instituto, Commentarii, Tomus Quartus, 1757, pag. 89.

[2] J. F. Cigna, *De causa extinctionis flammæ et animalium in ære interclusorum.* Mélanges de philosophie et de mathématique de la Société royale de Turin, 1760-1761, pag. 176.

III.

Come si facessero le esperienze sulla chimica del respiro nella Capanna Regina Margherita, vediamo nella pagina seguente, che è la riproduzione di una fotografia. Beno Bizzozero ha la maschera di guttaperca alla faccia, e respira a traverso il contatore che vedesi a sinistra. L' aria inspirata passa nel contatore, poi nella prima valvola per entrare nei polmoni. L'aria espirata attraversa la seconda valvola, che resta un po' nell'ombra, prima di uscire dall'apparecchio passa in una vescica di gomma elastica ed in una terza valvola, la quale sta nel mezzo della figura. Mio fratello, con uno schizzatoio messo in comunicazione colla vescica di gomma, prende una data quantità dell'aria espirata e la spinge a traverso sei tubi di vetro, che si vedono nel fondo della figura, pieni di acqua di barite per fissare l'acido carbonico. Queste esperienze furono descritte da mio fratello in due Memorie presentate all'Accademia dei Lincei [1]. Non mi fermerò quindi sui particolari delle analisi dell'aria respirata limitandomi a trascriverne i risultati.

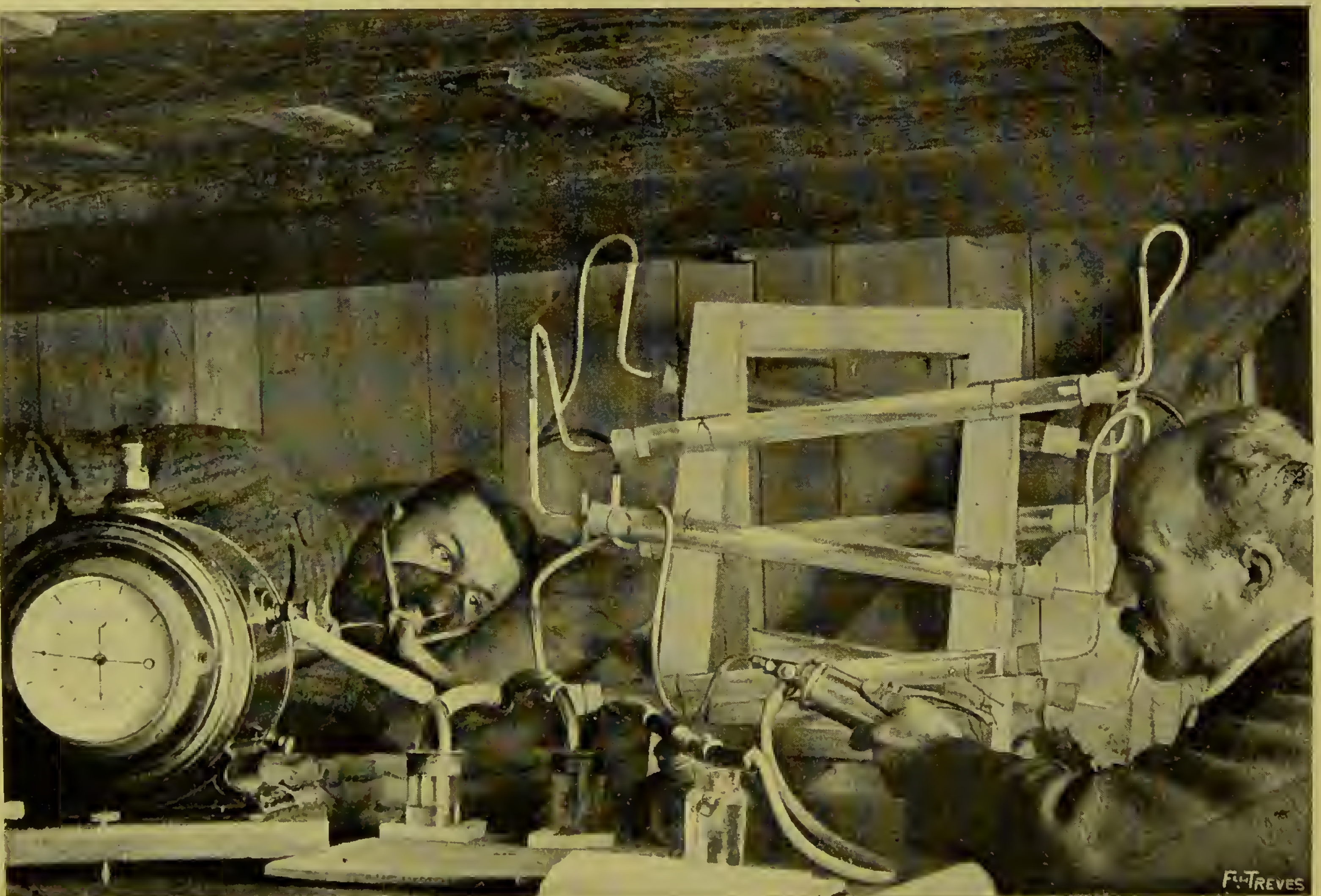
La prima tappa è stata Gressoney la Trinità (m. 1627) dove arrivammo il 18 del mese di luglio. I soldati erano accampati all'aperto e le esperienze si facevano sotto una tenda-baracca che serviva da laboratorio.

Esperienze fatte a Gressoney la Trinitá a 1627 metri.

	Numero d'ordine	Data	Ore	Temperatura ambiente	Pressione barometrica	Litri di aria inspirata in mezz'ora	Grammi di CO^2 eliminati in mezz'ora	Gr. di CO^2 per Kg. e per ora	Gr. di CO^2 contenuti in un litro di aria
Jachini.	1	21 VII	9 25a.	17°	65 cm.	261,075	15,423	0,434	0,059
Jachini.	2	21 "	2 4p.	18	"	285,010	17,036	0,479	0,059
Solferino	3	22 "	3 —p.	21	"	206,223	11,998	0,375	0,053
Sarteur.	4	23 "	3 —p.	25	"	207,983	13,003	0,400	0,062
Sarteur.	5	24 "	1 30p.	26	"	177,203	9,224	0,284	0,052
Solferino	6	24 "	3 55p.	24	"	289,633	18,380	0,574	0,063

Il giorno 25 luglio la spedizione lasciò Gressoney e si accampò sotto le tende in una località denominata Alpe Indra (m. 2515), posta in un piano fiancheggiato da tre parti da montagne, ed ai piedi del ghiacciaio che ha lo stesso nome. Il giorno successivo incominciarono le esperienze.

[1] Ugolino Mosso, *Apparecchio portatile per determinare l'acido carbonico nell' aria espirata dall' uomo.* Rendiconti Accademia dei Lincei, 15 marzo 1896. — *La respirazione dell' uomo sul Monte Rosa. Eliminazione dell' acido carbonico a grandi altezze.* Ibidem. 12 aprile 1896.



Esperienza fatta da mio fratello nella Capanna Regina Margherita per misurare la quantità di acido carbonico

Esperienze fatte all'Alpe Indra a 2515 metri.

	Numero d'ordine	Data	Ore	Temperatura ambiente	Pressione barometrica	Litri di aria inspirata in mezz'ora	Grammi di CO_2 eliminati in mezz'ora	Gr. di CO^2 per Kg. e per ora	Gr. di CO^2 contenuti in un litro di aria
Jachini	7	26 VII	10 45a.	15°	60 cm.	290,405	17,676	0,497	0,061
Solferino	8	26 „	4 30p.	16	„	208,561	12,383	0,386	0,059
Solferino	9	29 „	9 35a.	10	„	240,421	9,528	0,298	0,039
Sarteur.	10	29 „	10 50a.	10	„	174,990	9,965	0,306	0,057
Jachini	11	29 „	2 16p.	12	„	283,126	17,563	0,494	0,062

Il giorno 30 luglio, continuando a salire, ci siamo attendati a 3047 metri, poco distanti dalla capanna Linty, in un piano che ha servito di accampamento a S. M. la Regina Margherita nelle sue escursioni al Monte Rosa.

Esperienze fatte presso la Capanna Linty a 3047 metri.

	Numero d'ordine	Data	Ore	Temperatura ambiente	Pressione barometrica	Litri di aria inspirata in mezz'ora	Grammi di CO_2 eliminati in mezz'ora	Gr. di CO^2 per Kg. e per ora	Gr. di CO^2 contenuti in un litro di aria
Jachini.	12	1 VIII	2 30p.	15°	51 cm.	243,898	13,926	0,388	0,053
Solferino	13	2 „	3 39p.	13	„	303,660	16,483	0,515	0,054
Sarteur.	14	3 „	3 —p.	12	„	220,354	12,601	0,392	0,057

A quest'altezza, benchè l'aria sia rarefatta di circa un terzo, non si osservò alcun fatto nella funzione respiratoria che accenni alla mancanza di ossigeno nell'aria.

Il 5 agosto ci traslocammo nella Capanna Gnifetti (m. 3620). Questa è circondata da ogni parte da ghiacciai; a nord s'innalza un contrafforte che la ripara dai venti. Le esperienze vennero fatte nella capanna.

Esperienze fatte alla Capanna Gnifetti a 3620 metri.

	Numero d'ordine	Data	Ore	Temperatura ambiente	Pressione barometrica	Litri di aria inspirata in mezz'ora	Grammi di CO_2 eliminati in mezz'ora	Gr. di CO^2 p r Kg. e per ora	Gr. di CO^2 contenuti in un litro di aria
Jachini.	15	7 VIII	2 20p.	10°	48 cm.	231,649	14,388	0,405	0,062
Solferino	16	7 „	4 20p.	5	„	231,866	16,597	0,518	0,071
Sarteur.	17	8 „	5 25p.	7	„	218,828	11,216	0,345	0,051

Comparvero a questa altezza i primi sintomi di un'alterazione nella funzione del respiro, come si vede dai tracciati in principio del libro. La respirazione durante il sonno, e qualche volta durante la veglia, assumeva una forma decisamente periodica, specialmente nel sonno. Nessuna modificazione osservammo nei soldati.

Il giorno 8 la nostra spedizione incominciò a traslocarsi nella Capanna Regina Margherita a 4560 metri. Quivi giunti e ristabilitici dalla faticosa ascensione, siamo restati dieci giorni.

Esperienze fatte nella Capanna Regina Margherita a 4560 metri.

	Numero d'ordine	Data	Ore	Temperatura ambiente	Pressione barometrica	Litri di aria inspirata in mezz'ora	Grammi di CO2 eliminati in mezz'ora	Gr. di CO2 per Kg. e per ora	Gr. di CO2 contenuti in un litro di aria
Jachini.	18	12 VIII	4 28p.	7°	43 cm.	276,427	15.282	0,430	0,055
Jachini.	19	13 „	5 30p.	13	„	289.296	16,096	0,454	0,055
Sarteur.	20	16 „	4 35p.	12	„	192,065	11,284	0,347	0,058
Sarteur.	21	17 „	10 25a.	18	„	151.830	8,698	0.268	0,057
Solferino	22	18 „	10 20a.	20	„	267,220	14,595	0.456	0,054
Solferino	23	18 „	1 45p.	19	„	259,171	12,703	0,396	0,050

Il minimo di acido carbonico eliminato in tutte queste esperienze, lo trovammo nella Capanna Regina Margherita, e fu il soldato Sarteur che in mezz'ora eliminò solo grammi 8,698. Anche nel caporale Jachini trovammo diminuita la produzione dell'acido carbonico.

Ritornati a Gressoney la Trinitá (metri 1627) venne fatta l'ultima serie di esperienze.

Esperienze fatte a Gressoney la Trinitá di ritorno dal Monte Rosa.

	Numero d'ordine	Data	Ore	Temperatura ambiente	Pressione barometrica	Litri di aria inspirata in mezz'ora	Grammi di CO2 eliminati in mezz'ora	Gr. di CO2 per Kg. e per ora	Gr. di CO2 contenuti in un litro di aria
Sarteur.	24	23 VIII	10 —a.	15°	65 cm.	161,229	8,938	0,275	,055
Jachini.	25	23 „	11 20a.	12	„	301,973	18,411	0,518	0,060
Solferino	26	23 „	3 40p.	12	„	197,861	10,454	0,336	0,053

IV.

Giacchè sappiamo che le candele fanno meno luce sulle Alpi [1], abbiamo voluto vedere se anche la fiamma della vita bruci meno intensa sulla vetta del Monte Rosa, che non in basso. Questo fu lo scopo delle ricerche fatte da mio fratello sulla chimica del respiro.

Per avere più facilmente sott'occhio i risultati delle sue esperienze, si riassumono nella seguente tabella, riportando il peso dell'acido carbonico eliminato in mezz'ora alle diverse altezze.

Peso dell'acido carbonico eliminato in mezz'ora a differenti altitudini dai soldati Jachini, Solferino e Sarteur.

	1627 m.		2515 m.		3047 m.	3620 m.	4560 m.		1627 m.
Jachini .	15,423	17,036	17,676	17,563	13,926	14,388	15,282	16,096	18,411
Solferino	11,998	18.380	12,383	9,528	16,483	16,597	14,595	12,703	10,454
Sarteur .	9,224	13,003	9,965		12,601	11,216	11,284	8,698	8,938

Appare evidente che per la rarefazione dell'aria è piuttosto diminuita che aumentata l'eliminazione dell'acido carbonico.

La quantità dell'aria respirata in mezz'ora non subì una variazione notevole, come si vede dalla seguente tabella.

Litri d'aria respirati in mezz'ora dai soldati Jachini, Solferino e Sarteur a differenti altitudini.

	1627 m.		2515 m.		3047 m.	3620 m.	4560 m.		1627 m.
Jachini .	261,075	285,010	290,405	283,126	243,898	231,649	276,427	289,296	301,973
Solferino	206,223	289,633	208,561	240,421	303,660	231,866	267.220	259,171	197,861
Sarteur .	207,983	177,203	174,990		220,354	218,826	192,065	151,830	161,229

Da questi dati risulta che quando si è tranquilli ed in riposo non compaiono a grandi altezze modificazioni importanti nella eliminazione dell'acido carbonico, e nel volume dell'aria respirata

Non è dunque una macchina economica il nostro corpo, che si adatti all'ambiente e alle circostanze. Se diminuisce la quantità di ossigeno nell'aria, non possiamo cambiare il nostro bi-

[1] Davy, Frankland e Tyndall hanno studiato questo argomento; altre citazioni si trovano nella memoria sopra citata del dottor Benedicenti, *Archives italiennes de Biologie*. Tome XXV, pag. 473.

lancio, e bruciare meno attivamente la sostanza dei nostri organi. Il chimismo del corpo non può sopportare altre riduzioni, e questo prova che è già ridotto al minimo del consumo per la sua attività. Questo fatto stabilito da mio fratello è importante. Esso dice che non è possibile moderare i processi chimici della vita, e che non possiamo adattarci ad una razione diminuita di ossigeno, perchè anche nell'aria rarefatta l'organismo vuole la sua razione normale di ossigeno.

Non può nascere il dubbio che il freddo abbia prodotto un consumo maggiore dell'organismo e che l'aumento conseguente dell'acido carbonico, abbia compensato la diminuzione dei processi chimici dovuti alla rarefazione dell'aria [1]. A tale supposizione devo rispondere che l'influenza della temperatura, non ha modificato certo i risultati delle nostre analisi, perchè avemmo cura che la temperatura nella capanna Margherita non scendesse sotto i 7° e non superasse i 20° durante queste esperienze.

Il dott. W. Marcet si fermò tre giorni al Colle del Gigante nell'anno 1880 per studiare l'acido carbonico eliminato dall'uomo all'altezza di 3365 metri [2]. Fece delle esperienze sopra sè stesso ed un giovane amico, raccogliendo l'aria espirata in un sacco impermeabile di gomma, e trovò che egli avrebbe respirato 12 per cento meno di acido carbonico, e che il suo compagno di viaggio avrebbe respirato 16 per cento di acido carbonico meno che in basso. Il dott. Marcet crede sia il freddo che fece diminuire a questo modo le combustioni interne perchè la temperatura di giorno era solo 6°; ma è probabile che vi siano state altre complicazioni.

V

I fratelli Lœwy di Berlino col figlio del prof. Zuntz [3], fecero l'anno scorso sul Monte Rosa una serie importante di indagini

1 Gli studi di Speck e quelli più recenti di Wolpert, mostrarono che non vi è differenza nella eliminazione dell'acido carbonico quando la temperatura ambiente oscilla fra 5° e 25°. *Archiv. für Hygiene*, XXVI, pag. 1 a 32.

2 William Marcet, *A contribution to the history of the Respiration of Man.* London, 1897, pag. 11.

3 Dott. A. Lœwy, J. Lœwy und L. Zuntz, *Ueber den Einfluss der verdünnten Luft und des Höhenklimas auf den Menschen.* Pflüger's Archiv. Bd. 66, pag. 477.

sulla attività chimica della respirazione. Queste ricerche possono considerarsi come la continuazione di quelle che Schumburg e Zuntz avevano fatto l'anno prima sull'altro versante del Monte Rosa nella Capanna Bétemps a 2800 metri e sui ghiacciai all'altitudine di circa 3800 metri [1].

Ho avuto il piacere di seguire ed ammirare l'abilità dei miei colleghi in queste indagini alpine e mi rincresce che la brevità dello spazio non mi permetta di riferire la tecnica ingegnosa delle loro esperienze, dovendomi limitare ad un cenno dei loro risultati al Colle d'Olen, alla Capanna Gnifetti e alla Capanna Regina Margherita. Il tempo è stato poco favorevole durante il loro soggiorno sul Monte Rosa.

"La frequenza del polso e dei movimenti respiratori essi trovarono accresciuta passando da Berlino al colle d'Olen ed alla Capanna Gnifetti. Videro però che andavano gradatamente abituandosi a tali altezze, perchè nella Capanna Gnifetti che è alta 3620 metri la frequenza del polso era minore che al Colle d'Olen alto solo 2865 metri, e durante il loro soggiorno nella Capanna Gnifetti, la frequenza del polso andò scemando in tutti tre."

Le ricerche sul consumo dell'ossigeno furono fatte camminando in piano, o facendo una breve salita al colle d'Olen, o sul ghiacciaio presso la Capanna Gnifetti. Per il dottor J. Lœvy e il signor Zuntz il consumo dell'ossigeno durante il lavoro dei muscoli fu maggiore sul Monte Rosa che a Berlino. Il dott. A Lœvy ebbe un aumento meno considerevole dei suoi due compagni per il consumo dell'ossigeno. Il clima alpino agirebbe secondo loro in modo da eccitare il ricamblo della materia nel nostro organismo. Essi fanno rilevare che in nessuna delle loro esperienze si potè riscontrare qualche effetto che indichi una mancanza di ossigeno. Ciò malgrado l'attitudine loro a salire era notevolmente scemata; il lavoro fatto ogni minuto salendo comodamente su di un piano inclinato fu minore al Colle d'Olen che a Berlino, e anche più piccolo alla Capanna Gnifetti. La diminuzione del lavoro che uno può compiere senza incomodo a differenti altitudini, era già stata osservata l'anno prima dal professore Zuntz e Schumburg sull'altro versante del Monte Rosa, ed io pure la trovai lavorando coll'ergografo nelle varie tappe della mia spedizione. Questo è un fatto importante, perchè dimostra che non è la mancanza di ossigeno la quale fa diminuire la nostra attitudine al lavoro, abbassando per così dire il limite della nostra forza. Credo utile

[1] Schumburg und Zuntz, Pflüger's Archiv Bd. 63, pag. 461.

riferire una tabella di questi autori, perchè si tratta qui di un genere nuovo di studi che sarà certamente fecondo di risultati, e che apre un nuovo orizzonte nella fisiologia dell'uomo sulle Alpi.

Media in chilogrammetri del lavoro fatto ogni minuto camminando su di un piano inclinato a Berlino e sul Monte Rosa.

	A LŒWY	J. LŒWY	L. ZUNTZ
Berlino, inclinazione 37 %	570 kgm.	580 kgm.	809 kgm.
Col d'Olen, inclinazione 30 % . . .	440 „	504 „	574 „
Capanna Gnifetti, inclinazione 35 %.	475 „	559 „	580 „



La brina intorno alla Capanna Regina Margherita dopo la burrasca del 13 agosto 1894.

CAPITOLO SEDICESIMO.

Analisi dell'asfissia e del male di montagna.

I.

Paolo Bert fu il successore di Claudio Bernard, nella cattedra di fisiologia alla Sorbonne. Il nome suo è noto nella politica, nella letteratura e nella scienza. Fu Paolo Bert, col suo talento meccanico, coi suoi apparecchi e le analisi del sangue, che gettò le prime fondamenta di una fisiologia dell'uomo sulle Alpi. Il suo grosso volume sulla *Pression barométrique* venne pubblicato mentre egli combatteva una lotta feconda e memorabile nel campo della politica, quando spesso "era strappato al laboratorio dalla severità dei doveri civili", come disse nella prefazione. La sua fine

immatura nel Tonchino, dove egli morì vittima del clima, sacrificandosi alla patria, che lo aveva mandato a governare quella colonia in momenti difficili, rende anche più cara la sua memoria.

La vastità dell'opera scientifica alla quale P. Bert pose mano, fu superiore alle sue forze. Non dobbiamo meravigliarci se altri venuti dopo lui rettificarono i risultati di alcune sue indagini. P. Bert studiando come si modifichino i gas del sangue di un animale messo nell'aria rarefatta, trovò che già una diminuzione di 20 centimetri nell'altezza del barometro (quale ad esempio osservasi all'Ospizio del Gran San Bernardo) è sufficiente per diminuire la quantità di ossigeno contenuto nel sangue.

Parve allora che P. Bert avesse confermato colle sue esperienze l'idea di Jourdanet, ed avesse trovata la causa del male di montagna. Jourdanet era un medico francese il quale aveva passato parecchi anni sugli altipiani del Messico, dove concepì l'idea che ad una certa altezza sulle montagne, mancasse l'ossigeno al sangue, perchè l'emoglobina non trovava più nell'aria la quantità di ossigeno sufficiente a saturarsi. Fu questo medico, il quale scrisse due volumi sull'influenza che la pressione dell'aria esercita sulla vita dell'uomo [1], che diede a P. Bert i mezzi per costruire gli apparecchi grandiosi della Sorbonne; e P. Bert riconobbe i meriti di tanto benefattore della scienza. Il volume dedicato a lui finisce con questa conclusione: "La diminution de la pression barométrique n'agit sur les êtres vivants, qu'en diminuant la tension de l'oxygène dans l'air qu'ils respirent, dans le sang qui anime leurs tissus (*anoxyhémie* de M. Jourdanet), et en les exposant ainsi à des menaces d'asphyxie" [2].

Con Fraenkel e Geppert di Berlino comincia la critica della dottrina di Paolo Bert. Essi dimostrarono che il metodo adoperato da Bert per le analisi del sangue, non era abbastanza esatto, e che fino alla pressione barometrica di 41 centimetri, cioè poco più in alto del Monte Bianco, il sangue contiene ancora tutto il suo ossigeno come al livello del mare [3].

Due erano le conclusioni fondamentali dell'opera di P. Bert: 1.° che all'altezza del Gran San Bernardo il sangue arterioso contenga meno ossigeno del normale; 2.° che poco più in alto del Monte Bianco il sangue arterioso sia già tanto povero di ossigeno da averne meno del sangue venoso al livello del mare. La

[1] JOURDANET, *Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme*. Paris, 1875.

[2] P. BERT, *Pression barométrique*, pag. 1153.

[3] A. FRAENKEL und J. GEPPERT, *Ueber die Wirkungen der verdünnten Luft auf den Organismus*. Berlin 1883, pag. 112.

semplicità di questa dottrina fece sì che venne accettata e dominò la fisiologia fino al 1883.

L'aver dimostrato Fraenkel e Geppert che il sangue di un cane non cambia in modo apprezzabile il suo contenuto in ossigeno fino all'altezza di 4915 metri, non ha giovato molto alla fisiologia del male di montagna, perchè noi sappiamo che al disotto di questo limite molti uomini soffrono in modo abbastanza grave la rarefazione dell'aria. Fraenkel e Geppert per spiegare il male di montagna sotto ai 4900 metri ricorrono alla teoria di Dufour, il quale fa dipendere questo malessere dal lavoro eccessivo dei muscoli. Sappiamo però che non tutti guariscono del male di montagna col riposo. Nella Capanna Regina Margherita ho conosciuto parecchie persone che vomitarono tutta la notte, e anche nel giorno dopo che erano arrivati stavano male. Altri vidi dormire la notte, e vomitare il giorno dopo. Per questi casi non servono nè l'ipotesi del Dufour, nè le analisi del sangue di Fraenkel e Geppert.

Alla fisiologia dell' uomo sulle Alpi, non è cosa di grande importanza il sapere che per mezzo del vuoto barometrico si può estrarre la medesima quantità di ossigeno dal sangue di un cane, tanto se lo si esamina alla pressione normale, quanto a quella che corrisponde a 4915 metri. I mezzi che adoperano le cellule per togliere l'ossigeno al sangue, certo non hanno alcuna rassomiglianza colla pompa che adoperiamo per l'analisi dei gas. Può darsi che la depressione barometrica renda le cellule meno atte a servirsi dell'ossigeno del sangue. Se una parte minima delle cellule nervose perdesse tale attitudine, si potrebbero avere tutti i fenomeni del male di montagna, mentre ancora il sangue mantiene inalterata la sua composizione.

II.

Alcuni sperimenti facili bastano per mostrare la differenza che passa tra il male di montagna e l'asfissia. Io non posso neppure accennare le ricerche di laboratorio più complicate che fecero i miei assistenti, i dottori Treves e Daddi[1], perchè dovrei diffondermi troppo per far comprendere il significato dell'asfissia lenta con qualche chiarezza.

Le narici e la bocca non si possono tenere chiuse contempo-

[1] Z. Treves e L. Daddi, *Osservazioni sull'asfissia lenta*. Memorie R. Accademia delle Scienze di Torino, maggio 1897.

raneamente più di un minuto. Per eccezione vi è chi può durare più a lungo; ma la maggior parte degli uomini dopo mezzo minuto sono già obbligati a respirare.

Questo bisogno invincibile nasce da ciò, che la bocca e il naso sono come la cappa, o la gola del camino, che non si possono chiudere senza che il fumo ci soffochi. Sappiamo che il sangue circola nei polmoni e passando per essi cede all'aria l'acido carbonico e ne prende l'ossigeno. Se i polmoni restano chiusi, presto arriva un momento nel quale il sangue non avrà più una razione sufficiente di ossigeno e conterrà invece troppo acido carbonico. Da questo momento il sangue che circola nelle arterie comincia ad avere una certa rassomiglianza con quello che sta nelle vene. Questa rassomiglianza cresce sempre più. Il centro nervoso non bene nutrito dall'ossigeno resta eccitato. Tutto l'organismo risente di questo mutamento del sangue, e la volontà diviene incapace di trattenere oltre il respiro.

Se il male di montagna fosse, come disse P. Bert, una specie di asfissia, sul Monte Rosa dovrebbe resistersi meno a tener il naso chiuso. Questa esperienza tanto semplice, ci dà un'idea della rapidità colla quale si compiono i processi chimici interni, e delle provviste di ossigeno che abbiamo disponibili nel sangue e nei tessuti.

Riferisco una di queste esperienze fatta col soldato Cento, l'11 luglio 1894 alle ore 3 p., scrivendo il respiro toracico col pneumografo doppio di Marey. Nella linea superiore della fig. 48 vi è il tracciato normale. Nella seconda (verso la metà) gli chiudo il naso premendolo colle dita alla fine di una inspirazione. La linea divenuta orizzontale mostra che il torace è fermo, e sospeso il respiro. Le ondulazioni leggere sono prodotte dai battiti del cuore. Dopo 45 secondi non potendo più trattenere il respiro egli apre la bocca. Già prima vediamo che il torace era divenuto irrequieto e la linea s'era fatta irregolare, poi succede una inspirazione profonda, seguita da altre forti che vanno digradando. E presto il respiro torna come prima.

Il 5 agosto alla capanna Gnifetti (3620 m.) ripeto la medesima esperienza. La linea terza ne rappresenta il tracciato. Vediamo che l'ampiezza dei movimenti respiratori, è alquanto maggiore che non fosse a Torino e la frequenza minore. Pensando che a Torino quando feci il tracciato precedente la temperatura esterna era 27° mentre che alla Capanna Gnifetti era solo 10°, si potrebbe credere che tale differenza nel respiro dipendesse dalla temperatura. Forse una piccola influenza l'avrà avuta, ma vi è certo un effetto do-

vuto alla rarefazione dell'aria.

Il fatto più rilevante è che il soldato Cento ha resistito solo la metà del tempo alla sospensione del respiro, quando fu all'altezza di 3620 metri. Nè credasi che questo sia un fatto accidentale, ho ripetuto parecchie volte quest'osservazione nella capanna Gnifetti sopra il soldato Cento e sempre col medesimo risultato.

La cosa mi pareva strana, perchè solo in lui quella diminuzione nella pressione barometrica bastava già per ridurre il tempo della sospensione nel respiro. Pochi giorni dopo credetti aver trovato la spiegazione di questo fatto, perchè il soldato Cento soffrì il male di montagna nel salire alla punta Gnifetti, mentre gli altri non provarono alcun malessere.

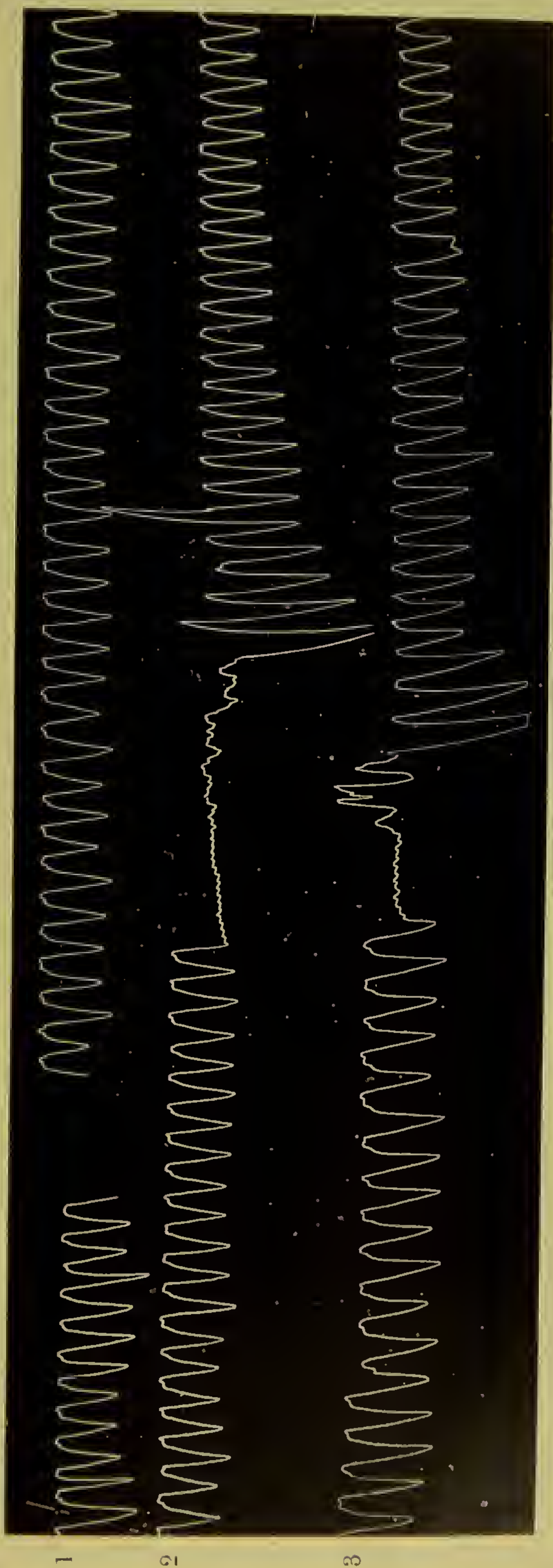


Fig. 48. — Soldato Cento.

1. Respirazione toracica normale. — 2. Arresto del respiro verso metà della linea. Esperienza fatta a Torino.
3. Esperienza eguale coll'arresto del respiro fatta alla Capanna Gnifetti (3620 m.).

L'11 agosto, il soldato Cento partiva per la Capanna Regina Margherita con 18 chilogrammi sulle spalle. Arrivato a mezza strada, si dovette diminuirgli il carico, perchè stentava troppo camminando sul ghiacciaio. Al Colle del Lys dette segni di tali sofferenze, che il dottor Abelli, il quale trovavasi con lui, credette non fosse prudenza di condurlo alla Capanna Regina Margherita, e lo fece ricondurre indietro dalle guide.

Esaminando meglio il tracciato 48, è importante notare che sebbene il soldato Cento abbia resistito meno nella terza linea scritta a 3620 metri, non fu più grande il danno subito dall'organismo per tale arresto del respiro, perchè in un tempo minore di prima il respiro è tornato normale. Anche questo fu per me una sorpresa, perchè avevo supposto che nell'aria rarefatta ci volesse un tempo più lungo per rimediare alle alterazioni interne prodotte da un arresto del respiro.

Questo infatti vediamo succedere in me stesso alla Capanna Regina Margherita, fig. 49.

Il giorno 11 luglio 1894, faccio due esperienze, l'una dopo l'altra a Torino, che danno i medesimi risultati, come si vede nei tracciati 1 e 2 che sono perfettamente eguali. Arrivato alla Capanna Regina Margherita, dopo due giorni che ero bene riposato, faccio un'altra esperienza simile (linea 3), e trovo che anch'io resisto di meno alla sospensione del respiro, e che mi ci vuole un tempo più lungo, perchè il respiro abbia nuovamente la forma ed il ritmo di prima. La depressione barometrica produsse una diminuzione della frequenza ed un'ampiezza maggiore dei movimenti respiratori. Sono sicuro che questa differenza non dipende dalla temperatura, perchè avevo fatto riscaldare la stanza che serviva di Laboratorio. In altre persone della mia comitiva non fu possibile notare una qualsiasi differenza, per simili esperienze fatte a Torino e sulla vetta del Monte Rosa.

III.

Avevo imaginato che l'arresto del respiro fosse un metodo comodo per studiare la disposizione che uno ha per il male di montagna. Tale supposizione mi parve ragionevole, non solo per la rassomiglianza che esiste tra l'asfissia ed il male di montagna, ma anche perchè in Zurbriggen avevo trovato una resistenza superiore alla media. Egli infatti, come si vede nella fig. 50, può stare 50 secondi, fino ad un minuto, col naso e la bocca chiusi, mentre che la maggior parte degli uomini non resiste neppure

mezzo minuto all'asfissia senza aprire la bocca. Devo però confessare che la cosa è assai più complessa che non paia. Siccome questo argomento non era stato prima studiato con sufficiente esattezza, mi trovai così disorientato nelle poche osservazioni fatte sul Monte Rosa che tornato a Torino dovetti ricominciare. Pregai gli studenti del mio corso di medicina a lasciarsi esaminare per stabilire prima il rapporto che corre fra la capacità dei polmoni e il tempo che uno resiste a tener chiuso il naso e la bocca. Naturalmente si misurava l'altezza e si pesavano gli studenti che si assoggettavano a tali osservazioni. Nella presente tabella so-

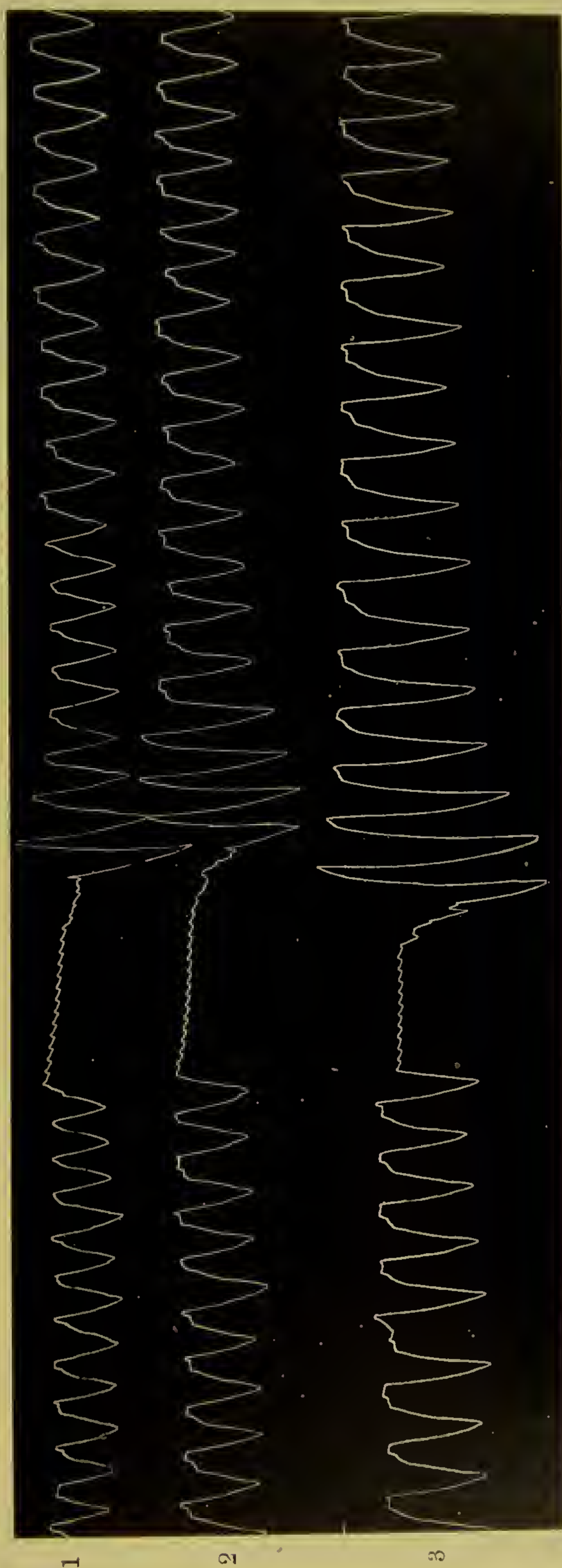


Fig. 49. — A. Mosso. — Arresto del respiro.

I tracciati 1 e 2 furono scritti a Torino chiudendo il naso e la bocca dove si vede che cessa il movimento del torace. Il tracciato 3 fu scritto nella Capanna Regina Margherita, da esso appare che anch'io in alto resisto meno all'asfissia.

no indicate tali misure fatte esaminando quindici persone. Nella figura 51 sono rappresentati graficamente i valori ottenuti per renderli più facilmente visibili.

Differenze individuali all'asfissia in rapporto colla capacità vitale, il peso del corpo e la statura. — Misure fatte su studenti del 3.º anno di medicina.

Num. d'ordine	NOME E COGNOME	Sospensione del respiro in secondi	Capacità vitale	Peso in Kilogr.	Statura Metri
1	Devecchi Francesco.	72″	3250	56,900	1,68
2	Cambiano Giuseppe.	40″	2750	61,100	1,71
3	Succi Carlo	38″	2400	71,500	1,71
4	Golzio Alfredo	35″	3200	62,200	1,63
5	Casazza Adolfo	34″	4600	73,100	1,95
6	Giordano Piero	25″	5000	79,500	1,90
7	Cesare Gerolamo.	31″	4500	74,500	1,72
8	Gedda Luigi	29″	2500	55,200	1,67
9	Demonte Silvio	22″	3500	66	1,80
10	Rivalta Pompeo	28″	4468	72,300	1,76
11	Bazzi Davide	24″	3640	61	1,62
12	Antonio Mosso	22″	3300	76,500	1.70
13	Provera Cesare . . : . . .	18″	2834	66,500	1,67
14	Flick Vittorio.	17″	3950	64,2	1.75
15	Cardini Giacomo.	19″	3250	64	1,71

La linea punteggiata rappresenta il valore della capacità polmonare, quella più grossa e continua la durata, in minuti secondi, della sospensione del respiro.

La persona numero 1 ad esempio, come vedesi indicato a sinistra, potè resistere 72 secondi. Fu il massimo osservato in questo gruppo di osservazioni. La capacità vitale di questo studente era piccola, cioè 3250. La persona numero 6, aveva il massimo di capacità polmonare e resistette solo 25 secondi.

Guardando nella figura 51 il corso delle due linee si vede subito che manca una relazione stretta fra la capacità vitale, e il tempo che si può sospendere il respiro. Neppure può dirsi che sia il peso del corpo, o la massa della materia che respira, quella che entra come fattore preponderante. Il numero 8, ad esempio, è più leggero di tutti, ha una capacità polmonare superiore al numero 3, e ciò nullameno resiste meno di esso e di molti altri all'asfissia. Si conchiude da ciò che la quantità di aria che abbiamo nei polmoni, non è quella che ci dà il mezzo di resistere più o meno lungamente ad un arresto del respiro. Non è questa provvista di ossigeno, nè il peso del corpo, che produce la du-

rata più o meno lunga della sospensione del respiro: ma è il sistema nervoso che domina questi fenomeni colla sua resistenza maggiore, o minore, all'asfissia.

Anche l'aspetto esterno per il quale diciamo che una persona è ricca di sangue od anemica, inganna, perchè uno studente che ha resistito più di tutti, il signor Gambarotta che stette 1',33" senza respirare, è pallido e quasi anemico. Altri con una capacità vitale inferiore alla media durarono pure a lungo.

Speravo di trovare una resistenza maggiore all'asfissia negli alpinisti, i quali non soffrono il male di montagna, ma mi capitarono parecchie eccezioni. Francioli e Quaretta, i due custodi della capanna Regina Margherita, benchè siano abituati a vivere nell' aria rarefatta, pure hanno una resistenza media per la sospensione del respiro.

Il dottor Benedicenti dimostrò coll'analisi dell'aria che la durata dell'arresto del respiro è indipendente entro certi limiti dalla quantità di ossigeno consumato [1].

Avendo riconosciuto per

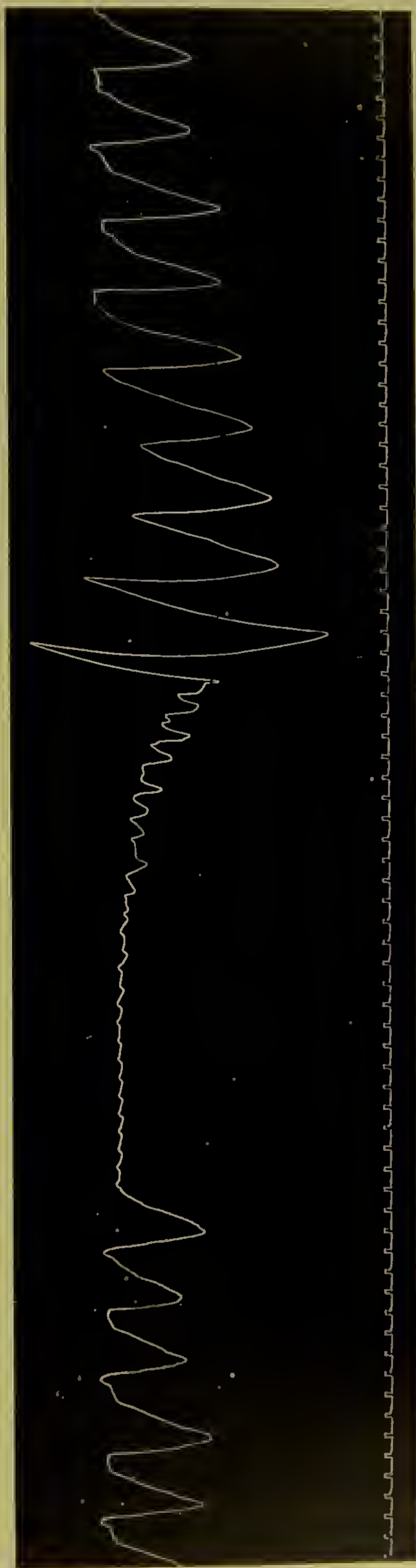


Fig. 50. — ZURBRIGGEN. — Arresto del respiro tenendo chiusa la bocca ed il naso per conoscere la sua resistenza all'asfissia. La linea inferiore segna i minuti secondi.

[1] A. BENEDICENTI, *Sull'arresto del respiro nell'uomo e le cause che ne modificano la durata.* R. Accademia medica di Torino, 1897.

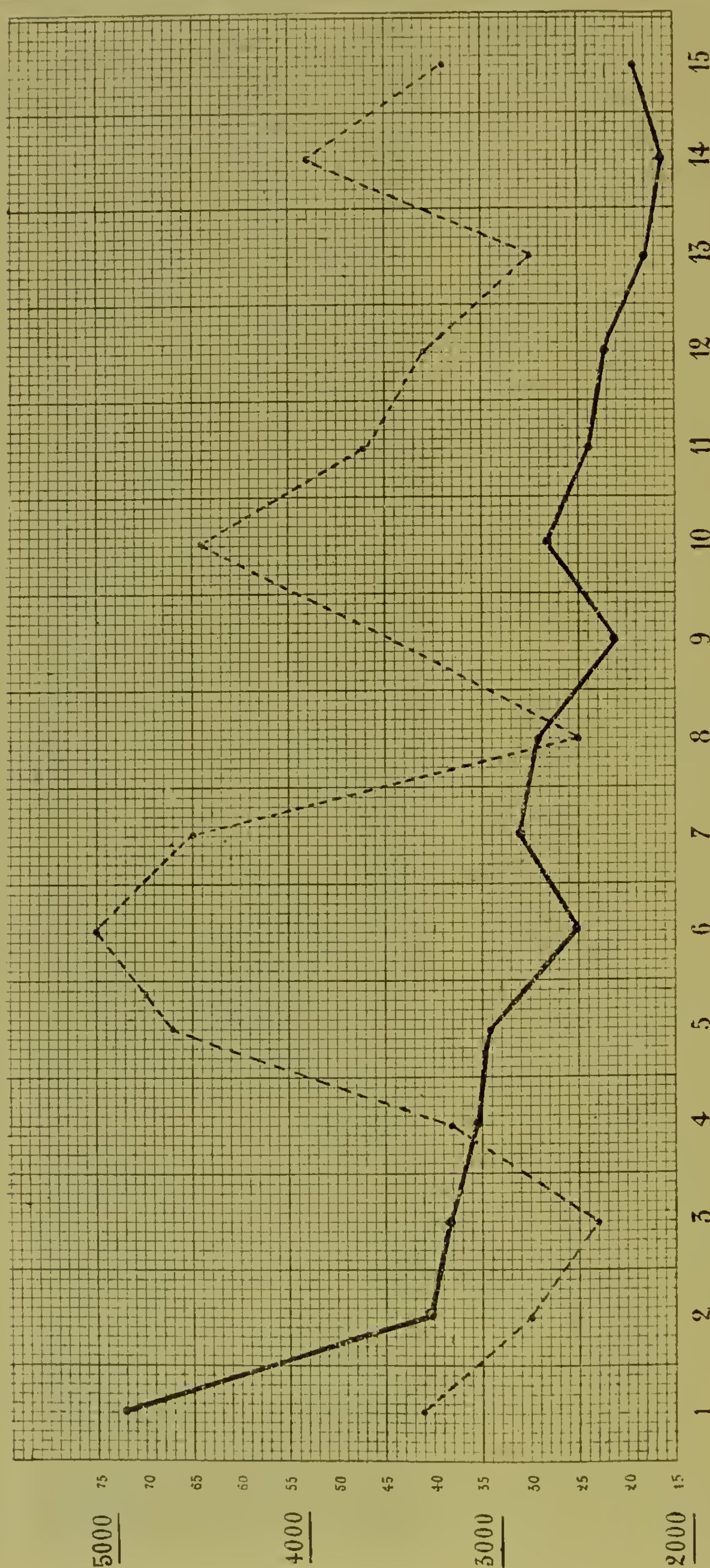


Fig. 51. — Rappresentazione grafica dei valori contenuti nella tabella precedente.
Il numero d'ordine delle 15 persone esaminate è segnato in basso. La linea più grossa segna in minuti secondi. il tempo che durò l'interruzione del respiro. La linea punteggiata rappresenta la capacità vitale di ciascuno dei 15 studenti.

mezzo delle esperienze esposte in questo paragrafo che il sistema nervoso esercita un'azione preponderante nella resistenza all'asfissia, ci rimane più facile comprendere che i fenomeni del male di montagna dipendono essi pure dalla resistenza maggiore o minore che ha il sistema nervoso per la deficenza dell'ossigeno, ossia per la fame di questo elemento, che è uno dei più indispensabili alla vita.

IV.

Quando si vede un'anitra mettere il capo sott'acqua per cercarvi il cibo, tutti siamo sorpresi che vi rimanga tanto tempo senza respirare. Ho misurato parecchie volte questo tempo e per far meglio l'esperienza mentre uno reggeva l'anitra sopra un grande vaso di vetro, un altro, presa la testa, la teneva sott'acqua. Per 6 o 7 minuti l'anitra non muore e neppure ha convulsioni. Un cane od un uomo sommersi a questo modo muoiono nella metà dello stesso tempo.

P. Bert aveva supposto per spiegare questa grande resistenza, che le anitre avessero una quantità maggiore di sangue. Richet[1] provò che ciò non è vero. Anche le persone che si tuffano non occorre che abbiano una quantità maggiore di sangue, nè uno sviluppo maggiore dei polmoni. Nel precedente paragrafo fu già provato che tali differenze dipendono dalla resistenza maggiore, o minore del sistema nervoso per l'asfissia.

L'essere l'anitra tanto più resistente degli altri animali all'asfissia, farebbe credere che essa sia anche più resistente all'azione dell'aria rarefatta. Invece è meno, e lo è meno in due modi, cioè: prima di tutto resiste assai meno all'aria rarefatta che non alla sospensione del respiro; secondo resiste meno alla depressione barometrica che non resistano gli animali più facilmente e intensamente soggetti al male di montagna, quali sono il cane e la scimmia.

Messa un'anitra sotto una grande campana pneumatica e portata la pressione a 14 o 16 centimetri di mercurio, dopo un minuto che l'anitra trovasi sotto la campana cade. Tolta subito dall'aria rarefatta e messa in terra sembra morta, e poco dopo si rialza e torna a star bene. I fenomeni che presenta l'anitra in questo minuto, sotto l'azione dell'aria rarefatta, non si possono

[1] Malassez et Richet, Comptes rendus. Société de Biologie, 17 nov. 1894, 8 dec. 1894.

ottenere in alcun modo coll'asfissia. Qui i disordini per un arresto del respiro che dura solo $^1/_6$ od $^1/_7$ dell'asfissia, sono gravissimi. Dopo 5 o 6 minuti che l'anitra si è rianimata si regge ancora male sulle gambe. Ciò prova che l'azione sui centri nervosi, per cagione dell'aria rarefatta, fu rapidissima e profonda. La morte, in questi due casi, succede con un meccanismo diverso.

Ebbi il piacere di fare alcune di queste esperienze davanti al mio amico il prof. Ch. Richet, quando venne a Torino, ed egli fu tanto gentile da annunciarne i risultati nel suo dizionario di fisiologia[1]. Riferisco la sua descrizione come quella di un testimonio e manifestandogli la mia gratitudine non pubblicherò altro.

" Nella morte per asfissia, vi sono le convulsioni, l'agitazione violenta, la dilatazione della pupilla, l'angoscia, l'emissione delle sostanze fecali e dell'urina, mentre che nella morte prodotta dalla depressione barometrica, la pupilla è chiusa al massimo, invece di un'agitazione frenetica, osservasi una specie di coma soporoso, un'assiderazione generale, una grande debolezza di tutte le forze muscolari, senza passare per la fase di una eccitazione eccessiva e delle convulsioni che osservansi sempre senza eccezione nell'asfissia semplice. "

Così difatti il respiro delle anitre diventa più affannoso di quello dei cani; sotto la campana pneumatica esse non dormono come i cani fanno spesso, e muoiono improvvisamente dopo aver scosso fortemente la testa senza che sia possibile salvarle quando si manifestano i fenomeni che accennano vicina la morte.

V.

Chi prova a fare tre o quattro inspirazioni profonde, l'una dopo l'altra, si accorge, che dopo per un certo tempo non sente più il bisogno di respirare. Avendo respirato più del bisogno per alcuni secondi, il centro del respiro può riposarsi e non respirar più. A questo stato i fisiologi diedero il nome di *apnea,* che in greco vorrebbe dire *non respiro.* Se fosse vero, come si ritiene dalla maggioranza dei medici, che il male di montagna ha per fondamento uno stato del sangue simile a quello dell'asfissia, dovrebbe sulle alte montagne riuscire meno facile di ottenere questa pausa del respiro. Ecco perchè nella mia spedizione al Monte Rosa, ho pure fatto qualche ricerca sull'apnea.

[1] Ch. Richet, *Dictionnaire de Physiologie,* Tome II, pag. 36.

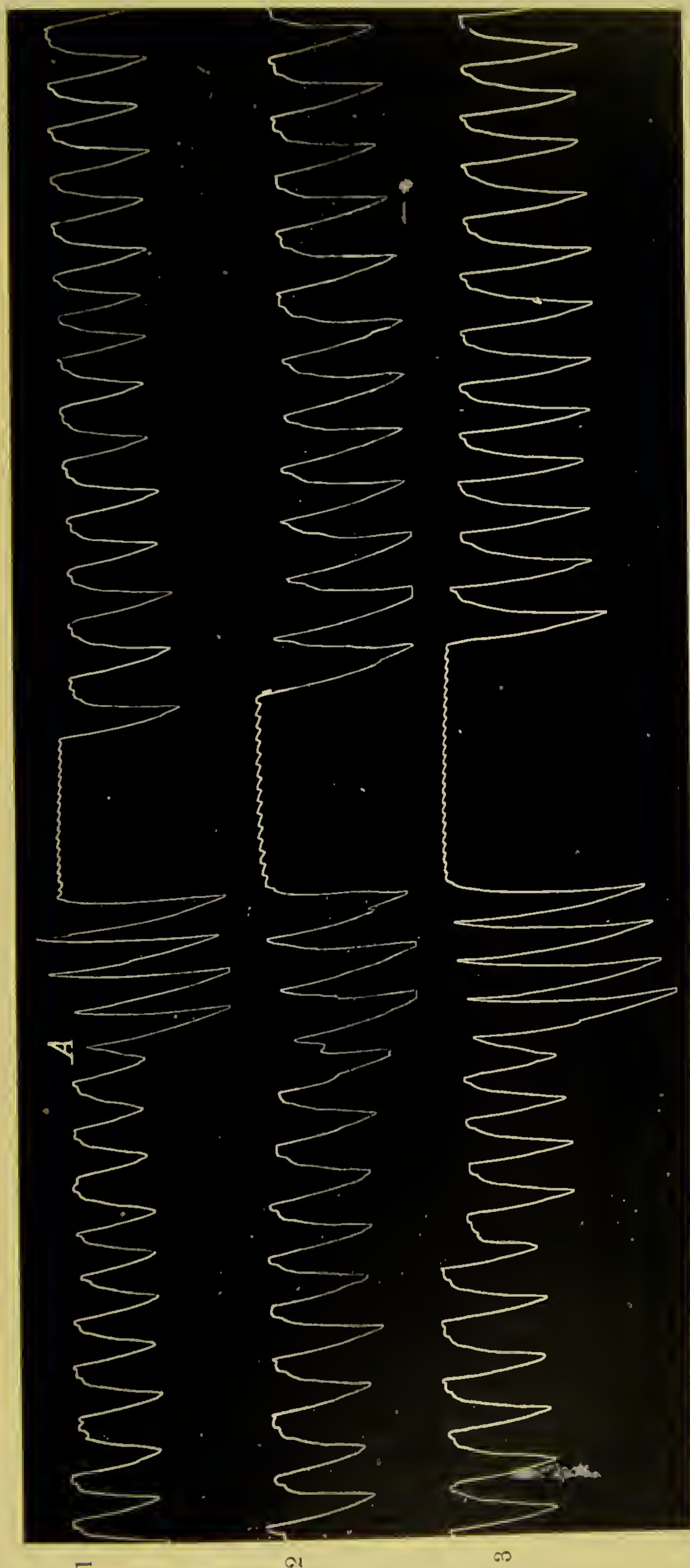


Fig. 52. — A. Mosso.

Arresto del respiro che si produce involontariamente in seguito a tre inspirazioni profonde eseguite a Torino nella linea 1, alla Capanna Regina Margherita nella linea 2: e nuovamente a Torino nella linea 3.

(La velocità di rotazione del cilindro non è uguale nelle tre esperienze qui riferite).

Riferisco tre osservazioni fatte sopra me stesso (fig. 52). La prima linea in alto è il tracciato del mio respiro a Torino, scritto col pneumografo doppio di Marey, messo intorno al torace. Nel punto A faccio tre inspirazioni profonde. Il respiro cessa naturalmente per 19 secondi, la linea segna i battiti del cuore, dopo il respiro ricomincia spontaneamente con dei movimenti alquanto più forti. Tale è l'effetto dell' apnea.

Quando fui sul Monte Rosa ripetei questa esperienza e scrissi la seconda linea della fig. 52. Vediamo anche qui che la frequenza del respiro, all'altezza di 4560 metri, è leggermente diminuita e che le inspirazioni sono alquanto più profonde. Faccio nuovamente tre inspirazioni, e questa volta il riposo dura 17 secondi. La differenza è minima. Vi sono variazioni da un giorno all'altro, come ho trovate per la sospensione del respiro, che si produce chiudendo il naso e la bocca. Non posso tirare alcuna conclusione da questa esperienza, perchè il tracciato precedente rappresenta una delle osservazioni nelle quali durò meno l'apnea alla pressione barometrica comune. Altre volte l'apnea, nella pressione ordinaria dura assai più, come se ne vede un esempio nella terza linea. Paragonando il massimo ottenuto nella Capanna Regina Margherita, col massimo ottenuto a Torino, devo conchiudere che in alto l'apnea dura meno.

Però nel soldato Chamois, trovai che l'apnea era più forte a 4560 metri, che non alla pressione normale. Questo risultato, che a molti sembrerà un paradosso, è la prova più evidente che sulle alte montagne sono delle condizioni diverse da quelle che producono l'asfissia. La novità del caso appare evidente dalla fig. 53, nella quale fece prima nove inspirazioni con pochissimo effetto. Questo succede in molte persone nelle quali sono meno evidenti i fenomeni dell'apnea. Vedendo che dopo il respiro non ritorna più allo stato primitivo, probabilmente per la leggera emozione e il passaggio dalla distrazione profonda ad un lavoro come quello che è necessario per il respiro forzato, continuo a scrivere il respiro nella linea di mezzo.

Giunto alla Capanna Regina Margherita, servendomi dello stesso cilindro, che ruota colla medesima velocità, faccio un'altra esperienza. Vediamo nella linea inferiore che dopo nove inspirazioni, succede un riposo perfetto, come non ottenni mai nella pianura, e come se ciò non bastasse, il respiro ha una tendenza a fermarsi che non aveva prima.

Un'idea mi venne subito vedendo questo fatto paradossale, che cioè fosse questo un effetto della fatica nel centro respiratorio, il quale si manifestava solo a quell'altezza, perchè il centro nervoso

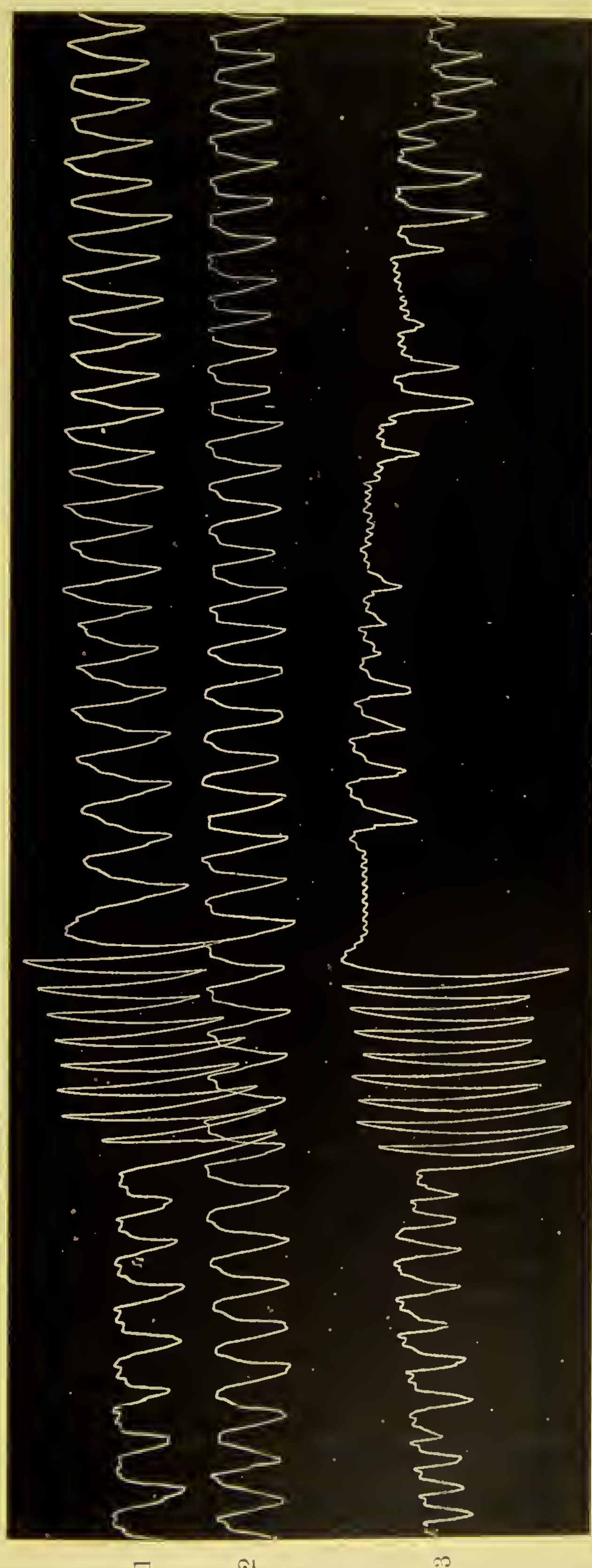


Fig. 53. — Soldato Chamois.
Effetto che producono 9 inspirazioni profonde fatte a Torino: linea 1 e 2. — Ripetuta la medesima esperienza nella Capanna Regina Margherita (4560 m.) si ottiene il tracciato inferiore 3.

lassù era più debole. Ammettendo che le nove inspirazioni fatte l'una dopo l'altra con forza, abbiano prodotto un esaurimento del centro respiratorio, la cosa parrebbe semplice; ma io temo che sia più complicata. Certo lo stato psichico deve aver agito per dare una modificazione così profonda del respiro. A Torino era bene desto, qui era sonnolento. Che non dormisse lo prova il fatto che ad un cenno fece le nove inspirazioni profonde. Subito dopo però socchiuse gli occhi. Comunque sia è strano che le condizioni del centro respiratorio siano tali, all'altezza di 4560 metri, da produrre un riposo non mai prima visto della respirazione. Questo tracciato non può spiegarsi colla teoria di P. Bert. Ecco dunque un altro fatto che si mette in opposizione alle idee dominanti, e che ci trasporta come agli antipodi nella interpretazione degli effetti, che l'aria rarefatta produce nell'organismo.

Qui appare evidente che il midollo allungato non funziona più in modo normale e in tale direzione dobbiamo approfondire lo studio.

VI.

Esaminiamo prima quali mutamenti succedano, alzandosi di circa mille metri ogni settimana e fermandosi dieci giorni a 4560 metri. Nelle seguenti tabelle sono indicate le osservazioni che facemmo su cinque soldati nello stato di riposo completo, contando il polso e la respirazione e misurando la temperatura rettale. Ho già detto a pagina 36 che per due mesi di seguito il dott. V. Abelli ed io, facemmo per turno queste osservazioni sopra i soldati, al mattino prima che si alzassero da letto, e la sera dalle 3 alle 5 prima che mangiassero. Per brevità riferisco solo la storia di cinque soldati; ma le risultanze corrispondono a quelle delle altre persone che vennero con me sul Monte Rosa. Ho tralasciato i dati presi in quei giorni nei quali le persone non erano del tutto riposate, perchè sappiamo che la fatica di un'ascensione si fa risentire anche nel giorno successivo. Le osservazioni fatte al mattino prima di alzarsi sono le più sicure; nel pomeriggio i soldati si facevano stare circa dieci minuti in posizione orizzontale prima di esaminarli.

TABELLA I.

Frequenza del polso, del respiro e temperatura rettale a varie altitudini nello stato di riposo.

Caporale **Camozzi Eugenio.** Statura m. 1.70. Peso k. 65,600.

ALTITUDINE	MESE	GIORNO	Ore – Mattino	Ore – Pomeriggio	Polso – Mattino	Polso – Pomeriggio	Respiro – Mattino	Respiro – Pomeriggio	Temperatura rettale – Mattino	Temperatura rettale – Pomeriggio	Temperatura ambiente – Mattino	Temperatura ambiente – Pomeriggio	OSSERVAZIONI
Torino 276 m.	Giugno	20	5,15		56		20		37°		20°		Polso leggermente irregolare.
		"		3,45		80		24		37°,7		26°	
	"	21	6		66		19		36°,6		20°		
		"		3,30		78		25		37°,3		26°	
	"	26	5		60		16		36°,5		25°		
		"		3		67		23		37°,1		29°	Aritmia leggera
	"	29	5		58		17		36°,5		18°		
		"		3		70		20		37°,2		24°	
	Luglio	11	8		62				37°		21°		
		"		3,30		68	16	20		37°		25°	
	"	12	8		62				36°,6		25°		Qualche irregolarità nel polso.
		"		3,30		74	16	18		37°,6		27°	
	"	13	8		48				36°,5		25°		
		"		3,30			21			37°,5			
Gressoney 1627 m.	"	20	7		62		17						Qualche irregolarità nel polso.
		"		5		82		18		37°,5		13°,5	
	"	21	5,30		61		16		36°,6		7°,8		
		"		5		77		13		37°,3		18°	
	"	22	5,30		56		13		36°,65		6°,9		
		"		5		68		14		37°,2		16°,3	
	"	23	5,30		56		13		36°,4		8°,1		
		"		5		72		15		37°,2		17°,7	
	"	24	5,30		54		14		36°,3		9°,8		
		"		5		72		12		37°,2		22°	
Accampamento Indra 2515 m	"	26		5		76		10		36°,8		11°	* La temperatura ambiente fu misurata sotto la tenda dove dormivano i soldati. Questo spiega perchè alcune volte la temperatura al mattino sia più alta che al pomeriggio.
	"	27	5		61		12		36°,3		0°		
		"		5		74		12		37°,1		8°	
	"	28	8		66		10		37°		13° *		
		"		6,30		80		11		37°,6		10°,5	
	"	29	5		59		10		36°,5		7°		
		"		5		90		15		37°,6		14°	
	"	30	5		60		12		36°,6		7°		
Accampamento Capanna Linty 3047 m.	Agosto	1	7		78		14		36°,8				
	"	2	5,30		76		15		36°,8		9°		
	"	3	6,30		68		15		37°		14°		
	"	4	6,30		70		17		37°,1		8°		
		"		5		86		20		37°		8°	
	"	5	6,30		94		17		37°				
	"	6	7,30		76		16		37°,5				
Capanna Regina Margherita 4560 m.		15		5		100		12		37°			
	"	16	7		88		10		36°,9				
		"		6		98		9		37°,2			Polso leggermente irregolare.
	"	17	8		84		10		37°				
Gressoney 1627 m.	"	23	7		65		10		36°,9				

TABELLA II.

Frequenza del polso, del respiro e temperatura rettale a varie altitudini nello stato di riposo.

Soldato **Sarteur Albino**. Statura m. 1,75. Peso k. 64.800.

ALTITUDINE	MESE	GIORNO	Ora Mattino	Ora Pomeriggio	Polso Mattino	Polso Pomeriggio	Respiro Mattino	Respiro Pomeriggio	Temperatura rettale Mattino	Temperatura rettale Pomeriggio	Temperatura ambiente Mattino	Temperatura ambiente Pomeriggio	OSSERVAZIONI
Torino 276 m.	Giugno	26	5	3	54	68	13	12	36°,3	36°,9	25°	29°	
	〃	29	5	3	52	72	11	13	35°,8	36°,9	18°	24°	
	Luglio	11	7	3	56	72	10	18	36°,1	37°,1	21°	26°	
	〃	12	8	3	55	57	10	17	36°,2	36°,8	22°	26°	
	〃	13	8	3,30	51	62	8	14	35°,8	37°,1	21°	26°	
Gressoney 1627 m.	〃	20	7	5,30	50	62	9	11	35°,9	36°,6		13°,5	Polso leggermente irregolare.
	〃	21	5,30	5	50	68	10	17	36°	37°,2	7°,8	18°	
	〃	22	5,30	5	56	62	12	14	36°	36°,9	6°,9	16°,13	
	〃	23	5,30	5	67	68	14	13	36°,5	37°,3	8°,1	17°,7	
	〃	24	5,30	5	52	58	12	14	36°,1	37°,3	9°,8	22°	
Accampamento Indra 2515 m.	〃	26	5,30	5	59	64	11	13	36°,5	36°,7		11°	* La temperatura ambiente fu misurata sotto la tenda dove dormivano i soldati. Questo spiega perchè alcune volte la temperatura sia più elevata al mattino che nel pomeriggio.
	〃	27	5	5	56	56	10	12	36°,3	36°,8	0°	8°	
	〃	28	8	6,30	56	68	10	16	36°,5	37°,1	13° *	10°,5	
	〃	29	5	5	60	62	9	13	36°,2	36°,8	7°	14°	
Accampamento Capanna Linty 3047 m.	Agosto	3	6,30		52		12		36°,5		2°,5		
	〃	4	6,30	5	54	63	10	12	36°,5	36°,5	8°	5°,6	
Capanna Gnifetti 3620 m.	〃	7	6,15		66		10		37°,3		1°		
	〃	8		6		66		11		36°,9		5°	
	〃	9	6.45		70		8		37°,4		13°		
Capanna Regina Margherita 4560 m.	〃 *	11		4.45		74		11		37°,1		11°	* Arrivato al mattino dall'accampamento Linty.
	〃	12	6		76		10		36°,8		6°		
	〃	15		5		80		11		36°,8			
	〃	16	7		74		9		36°,9		7°		
	〃	〃		6		78		8		37°,1			
	〃	17	8		67		8		36°,8		7°		
Gressoney 1627 m.	〃	23	7		63		9		36°,6				

TABELLA III.

Frequenza del polso, del respiro e temperatura rettale a varie altitudini nello stato di riposo.

Soldato **Marta Santino.** Statura m. 1,72. Peso k. 71.

ALTITUDINE	MESE	GIORNO	Ora Mattino	Ora Pomeriggio	Polso Mattino	Polso Pomeriggio	Respiro Mattino	Respiro Pomeriggio	Temperatura rettale Mattino	Temperatura rettale Pomeriggio	Temperatura ambiente Mattino	Temperatura ambiente Pomeriggio	OSSERVAZIONI
Torino 276 m.	Giugno	20	5,15		54		16		37°,1		20°		
		"		3.45		74		18		37°,4		26°	
	"	26	5		54		14		36°,8		26°		
		"		3,30		62		18		37°		29°	
	"	29	5		52		13		36°,4		18°		
		"		3,30		70		20		37°,4		24°	
	Luglio	11	8		52		18		36°,7		20°		
		"		3		54		18		36°,9		25°	
	"	12	8		47		18		36°,8		25°,5		
		"		3		56		20		37°,4		27°	
	"	13	8		58		19		36°,7		25°		
		"		3,15						37°,7		26°	
Gressoney 1627 m.	"	20	7		66		19						
		"		5		70		21		37°,2		13°,5	
	"	21	5,30		54		17		36°,5		7°,8		
		"		5		69		23		37°,3		18°	
	"	22	5,30		54		19		36°,9		6°,9		
		"		5		68		19		37°,1		16°,3	
	"	23	5,30		57		16		36°,6		8°,1		
		"		5		84		25		38°,1		17°,7	
	"	24	5,30		50		17		36°,6		9°,8		
		"		5		68		18		37°,4		22°	
Accampamento Indra 2515 m.	"	27	5		54		15		36°,8				
		"		5		76		22		37°,4		8°	*La temperatura ambiente al mattino era misurata sotto la tenda prima che i soldati si alzassero.
	"	28	6		62		20		36°,9		13°*		
		"		5		81		24		37°,6		10°,5	
	"	29	5		52		14		36°,8		7°		
		"		5		62		26		37°,4		14°	
	"	30	5		58		18		36°,7				
Accampamento Capanna Linty 3047 m.	Agosto	2	5,30		57		15		36°,6		9°		
	"	3	6,30		60		17		36°,9		14°		
	"	4	6,30		63		16		37°		8°		
		"		5		70		22		37°,5		20°	
Capanna Gnifetti 3620 m.	"	6	7,30		64		18		36°,5				
	"	7	6,15		68		16		36°,7				
	"	8		6		72		21		37°,3		13°	
	"	9	6,45		62		20		36°,8		12°,2		
Capanna Regina Margherita 4560 m.	"	11	4,45		82		21			37°,3	11°,5		
	"	12	6		64		16		36°,8		6°,4		
	"	13	6,20		60		18		36°,8		4°		
	"	15	6		76		21		36°,8		7°		
	"	18	5,30						36°,9				
Gressoney 1627 m.	"	23	7		52		15		36°,6				

Tabella IV.

Frequenza del polso, del respiro e temperatura rettale a varie altitudini nello stato di riposo.

Caporale **Jachini Felice**. Statura m. 1,75. Peso k. 72,100.

ALTITUDINE	MESE	GIORNO	Ora Mattino	Ora Pomeriggio	Polso Mattino	Polso Pomeriggio	Respiro Mattino	Respiro Pomeriggio	Temperatura rettale Mattino	Temperatura rettale Pomeriggio	Temperatura ambiente Mattino	Temperatura ambiente Pomeriggio	OSSERVAZIONI
Torino 276 m.	Luglio	11	8	3	58	62	16	18	36°,8	37°,1	21°	26°	
	»	12	8	3	54	56	16	19	36°,8	37°	22°	26°,7	
	»	13	8	3	52	67	19	18	36°,8	36°,9	21°,5	26°,3	
Gressoney 1627 m.	»	20	7	5,30	60	59	16	18		37°,1		13°.5	La temperatura ambiente fu misurata al mattino sotto la tenda o nelle capanne dove si dormiva.
	»	21	5,30	5	52	64	17	20	36°,4	37°,5	7°,8	18°	
	»	22	5,30	5	50	57	14	21	36°,5	36°,7	6°.9	16°.3	
	»	23	5,30	5	66	56	14	17	36°,5	37°	8°,1	17°,9	
	»	24	5,30	5	47	62	16	17	36°,4	37°.1	9°.8	22°	
Accampamento Indra 2515 m.	»	27	5	5	56	58	16	17	36°,3	36°.9	8°	14°	
	»	29	5	5	63	88	15	18	36°,6	37°.3	7°	9°	
	»	30	5,30		56		15		36°,7				
Accampamento Capanna Linty 3047 m.	Agosto	2	5,30		50		14		36°,5		9°		
	»	3	6,30		56		15		36°,7		14°		
	»	4	6,30	5	54	72	14	17	36°,7	37°,1	8°	5°,6	
	»	6	7,30		60		14		36°,7				
Capanna Gnifetti 3620 m.	»	8		6		86		9		37°,4		13°	
	»	9	6,45		60		14		36°,7		12°,2		
Capanna Regina Margherita 4560 m.	»	13	6,20		70		17		36°.6		4°		
	»	15	6		58		20		36°.8		7°		
	»	18	5,30		59		17		36°.8		10°		
Gressoney 1627 m	»	23	7		67		16		37°				

Tabella V.

Frequenza del polso, del respiro e temperatura rettale a varie altitudini nello stato di riposo.

Soldato **Solferino Germano.** Statura m. 1,71. Peso k. 63,900.

Altitudine	Mese	Giorno	Ora Mattino	Ora Pomeriggio	Polso Mattino	Polso Pomeriggio	Respiro Mattino	Respiro Pomeriggio	Temperatura rettale Mattino	Temperatura rettale Pomeriggio	Temperatura ambiente Mattino	Temperatura ambiente Pomeriggio	Osservazioni
Torino 276 m.	Giugno	26	5	3	50	57	15	20	36°,6	37°,2	26°	31°	Polso un poco irregolare.
	»	29	5	3	46	58	15	20	36°,3	37°,1	18°	24°	
	Luglio	11	8	3	54	66	17	17	36°,7	37°,2	21°	26°	
	»	12	8	3	48	64	15	20	36°,8	37°,2	22°	26°	
	»	13	8		48		16		36°,6		21°		
	»	14	5	5	46	67	18	23	36°,2	37°,4	21°	25°	
Gressoney 1627 m.	»	20	7	5	48	67	15	24		36°,9		13°,5	La temperatura ambiente al mattino fu misurata nella tenda sotto la quale dormivano i soldati quando si era negli accampamenti e nelle capanne.
	»	21	5,30	5	46	66	16	23	36°,2	37°,3	7°,8	18°	
	»	22	5,30	5	48	60	17	22	36°,3	37°,4	6°,9	16°,3	
	»	23	5,30	5	48	58	17	19	36°,4	37°,4	8°,1	17°,9	
	»	24	5,30	5	50	64	16	18	36°,4	37°,5	9°,8	22°	
Accampamento Indra 2515 m.	»	26	5,30	5	51	58	14	19	36°,2	36°,7		11°	
	»	27	5		54		17		36°,6		8°		
	»	28	8	6,30	49	70	18	22	36°,5	37°,5	13°	10°,5	Polso irregolare.
	»	29	5	5	53	56	16	21	36°,3	37°,2	7°	14°	
	»	30	5,30		52		18		36°,6		7°		
Accampamento Capanna Linty 3047 m.	Agosto	2	5,30		52		18		36°,2		9°		
	»	3	6,30		54		20		36°,4		14°		
	»	4	6,30	5	52	76	16	22	36°,6	37°,1	8°		
	»	5		6,30		78		20		37°,5			
	»	6	7,30		46		16		36°,6				
Capanna Regina Margherita 4560 m.	»	11		4,45		76		21		36°,9		11°,5	
	»	12	6		90		18		36°,6		6°,4		
	»	17	7		90		21		36°,9				
	»*	18	9,30		100		22				10°		* Arrivato da 4 ore alla Capanna portando 20 chilogr. Polso piccolo quasi impercettibile.
Gressoney 1627 m.	»	23	7		52		17		36°,6				

Due fatti risultarono con evidenza: cioè che in tutti noi il polso si fece più frequente stando in alto, e che la temperatura del corpo si mantenne alquanto più elevata sul Monte Rosa che non in basso. Nella capanna Regina Margherita infatti non si ebbe più il minimo della temperatura rettale osservata a Torino. Questo prova che l'organismo (anche delle persone più robuste) è leggermente turbato a quell'altezza, e che il consumo chimico nel riposo deve essere alquanto maggiore a 4560 metri.

Jaccoud, Mermod, Armieux, Vacher, Mercier ed altri avevano già trovato, che fermandosi nei luoghi elevati, il cuore fa un numero di pulsazioni notevolmente maggiore. Tanto per fissare una cifra dirò che per 1650 metri di altitudine Vacher disse che il suo polso invece di 69 battiti al minuto, ne faceva 78.

Alcuni parlano perfino di una febbre per *altitudine* tanto fu notevole l'aumento del polso che osservarono per altezze inferiori ai 2000 metri. Dal complesso delle nostre osservazioni risultò che nel riposo completo l'aumento nella frequenza del polso è minore per l'altezza di 4560 metri di quanto si sarebbe supposto giudicando dagli studi fatti ad altezze minori.

La frequenza dei movimenti respiratori sulla vetta del Monte Rosa, è poco diversa da quanto fosse nella pianura. Siccome però il numero delle inspirazioni non è sufficiente per dare una idea dell'attività respiratoria, ho studiato per mezzo della maschera e del contatore come si modificasse la inspirazione media in alto ed in basso.

Il metodo che seguii io ho già descritto a pag. 45. Le tabelle di queste osservazioni le ho messe in fondo al volume per non accumulare troppe cifre di seguito. Da esse risulta che nella veglia a 4560 metri il volume dell'aria inspirata in mezz'ora in alcuni è aumentato, in altri è diminuito, ma che tali variazioni sono poco considerevoli, tenuto calcolo dell'altitudine di 4560 metri alla quale vennero fatte simili osservazioni.

VII.

I primi sintomi prodotti dalla rarefazione dell'aria non corrispondono a quelli dell'asfissia, perchè il polso in questa si rallenta e si accelera invece sulle montagne. Il cuore ha per i suoi movimenti due sistemi di nervi, i quali possono paragonarsi (per capire come funzionano) l'uno alle redini che infrenano, l'altro agli speroni che incitano al moto. I due nervi vaghi agiscono come le redini che inibiscono ed anche arrestano il cuore: i

MISCHABELHÖRNER (4554 m.)



V. Sella.

Veduta presa dalla Capanna Regina Margherita.

nervi acceleratori quando sono eccitati fanno crescere la frequenza dei battiti cardiaci. Era importante il decidere se, giunti noi a grandi altezze, si rallentano le briglie del cuore per una paralisi del loro centro nervoso, o se invece la maggiore frequenza del polso dipenda da ciò che i centri acceleratori sono stimolati dall'aria rarefatta.

Per risolvere tale questione, non c'era altro mezzo che fare delle esperienze sugli animali. Devo però subito avvertire che la fisionomia del male di montagna rassomiglia ai fenomeni che si producono nei cani dopo il taglio dei nervi arrestatori del cuore, perchè anch' essi soffrono il vomito, la palpitazione rapidissima del cuore e la diminuzione nella frequenza del respiro. Mi limitai quindi a mettere fuori d'azione i nervi moderatori del polso. Ecco una di queste esperienze.

Un cane normale ha in media 88 battiti del cuore ogni minuto. Messo con noi nella camera pneumatica e portata la rarefazione dell'aria a 42 centim.. che corrisponde all' altitudine di 4723 m., il cuore batte 114 volte al minuto.

Dopo il taglio dei nervi vaghi, il polso diviene due volte più rapido, e il respiro che era normalmente di 16 al minuto, scende a 10. Tornati nella campana pneumatica e prodottasi la medesima rarefazione, corrispondente a 4723 m., non si modifica più la frequenza del polso per la diminuita pressione barometrica. L'animale però sta meno bene di prima, si agita ed apre affannosamente la bocca, come se gli mancasse l' aria, sebbene il barometro segni 42 centim. come prima. Appena cessa alquanto la rarefazione, subito sta meglio e respira tranquillo.

I fatti esposti nei precedenti capitoli dimostrarono che nel male di montagna esiste una depressione dei centri nervosi i quali hanno sede nel midollo allungato. L'aumento nella frequenza del polso a 4560 metri è un fenomeno costante, che non so spiegare se non per mezzo di un' incipiente paralisi del nervo vago. Nel soldato Solferino ad esempio, dopo una settimana di riposo nella Capanna Regina Margherita, il cuore faceva un numero di contrazioni doppio che non faceva in basso.

Riassumo i fatti in base ai quali la *neurosi del vago* deve considerarsi come un fattore del male di montagna.

Abbiamo veduto a pag. 43 e 44 che sul Monte Rosa compare una pausa tra una respirazione e l' altra della quale non vi era traccia in basso; che il tipo della respirazione era cambiato; anche nella veglia era più lunga l'inspirazione e più rapida l'espirazione; la comparsa del vomito e la difficoltà della deglutizione. sono fenomeni che caratterizzano la paralisi dei vaghi. La stan-

chezza improvvisa che si produce nei cani che hanno i vaghi tagliati, quando si provano a correre, accresce la rassomiglianza coi fenomeni osservati nel male di montagna. A dimostrare l'esistenza della *neurosi del vago* concorre la paralisi vasomotrice. La dilatazione dei vasi sanguigni nel polmone non mi fu possibile provarla direttamente, ma è probabile che sia per effetto dell'iperemia dei polmoni che abbiamo trovato essere minore la quantità di aria che introduciamo nei polmoni, misurando la capacità vitale a 4560 metri di altezza. La morte del dott. Jacottet sul Monte Bianco qualcuno potrebbe credere fosse causata da una dilatazione neuroparalitica dei vasi polmonali. Il corso della malattia rapidamente fatale, e l'edema dei polmoni riscontrato all'autopsia rendono probabile tale dubbio.

VIII.

Ho già detto nel capitolo quarto che la pressione del sangue nella Capanna Regina Margherita, era in noi poco diversa da quanto fosse a Torino. L'altitudine di 4560 m. non sembrandomi sufficiente, feci altri studi sugli animali nella campana pneumatica, mettendo un manometro in comunicazione colla carotide. Queste esperienze furono fatte nel sonno, amministrando agli animali la morfina, il cloralio e il cloralosio, perchè non sentissero e non si muovessero. In tutti questi esperimenti trovai che la pressione sanguigna non si modifica per una rarefazione dell'aria corrispondente a 6500 m. e 7000 m. Solo il polso diventava più frequente, e il respiro più profondo e più rapido. Credo inutile riferire tracciati, bastando affermare che per tali altezze la pressione non cambia.

Anche qui appare un'altra differenza fondamentale fra l'asfissia e il male di montagna, perchè nell' asfissia è un fenomeno costante e caratteristico l'aumento della pressione del sangue appena diviene insufficiente il respiro. In due modi possiamo spiegare questa differenza fondamentale: o i mutamenti che succedono nel sangue quando si rarefà l'aria sono diversi da quelli che si producono nell'asfissia (sulle montagne infatti non si accumula acido carbonico nel sangue): o il centro nervoso dei vasi sanguigni diviene meno attivo.

Gli studi di Hüfner sul sangue [1], hanno dimostrato che non dobbiamo cercare nelle condizioni fisiche del sangue la causa

[1] Du Bois-Reymond's, *Archiv f. Physiologie*, 1890.

del male di montagna, perchè solamente alla pressione barometrica di 238 mm. questo comincia ad alterarsi. Non vi è dunque una montagna sulla terra abbastanza alta, dove l'uomo arrivandovi abbia da temere che l'emoglobina del sangue non possa più prendere dall'aria l'ossigeno che essa è capace di assorbire.

Che non stia nel sangue la causa del male di montagna, me ne sono persuaso ripetutamente vedendo che dopo una emorragia fortissima non si aggravano gli effetti della depressione barometrica. Basta enunciare il risultato di queste esperienze per mostrarne tutta l'importanza. Se ad esempio studiamo un cane sotto la campana pneumatica alla pressione di 32 centimetri del barometro (corrispondenti all'altitudine di 6888 metri) e dopo gli leviamo un terzo del suo sangue e torniamo a metterlo sotto la campana nell'aria egualmente rarefatta che corrisponde a 6888 metri, non si osserva alcuna differenza nella frequenza e nella profondità del respiro.

La parte del sistema nervoso, la quale risente con maggiore facilità la depressione barometrica, è anche quella che più rapidamente si modifica nella sua resistenza alla mancanza di ossigeno. L'uomo prima di nascere resiste in modo straordinario all'asfissia, e lo prova il fatto che spesso viene tentata con successo l'operazione cesarea dopo che la madre è morta, od è agonizzante. Paolo Bert studiò nei topi come vada modificandosi rapidamente dopo la nascita l'attitudine loro di resistere all'asfissia. Un topo preso appena nato non muore se sta mezz'ora senza respirare; dopo una settimana resiste solo al più 15 minuti senza respirare, e dopo due settimane che vive, resiste appena 4 minuti.

Questi mutamenti, i quali succedono certamente nel sistema nervoso senza che cambi in modo sensibile la composizione e la quantità del sangue, ci spiegano perchè non sia necessario di cercare nel sangue la ragione del rapido acclimamento all'aria rarefatta, nè di credere che stiano nel sangue le differenze individuali tanto manifeste per il male di montagna. Il sistema nervoso è la sede del male, perchè in nessun altro tessuto quanto nelle cellule nervose sono tanto rapidi gli adattamenti e così distinte le gerarchie e profonde le differenze negli individui.

La facilità colla quale l'organismo si adatta alle grandi altezze, apparve nella diminuzione successiva della frequenza del polso durante il nostro soggiorno nella Capanna Regina Margherita, tanto che avendo io nel secondo giorno 93 pulsazioni, negli ultimi giorni ebbi un minimo di 54 pulsazioni al minuto come di rado

osservo a Torino. Le seguenti cifre prese dalle tabelle, colla diminuzione della frequenza del polso in giorni successivi a 4560 metri, mostrano con evidenza l'azione dell'acclimamento:

Marta 82. 64. 60. — Jachini 70. 58.
Sarteur 76. 74. 67. — Camozzi 88. 84.

IX.

Sul Monte Rosa a 4560 metri l'aria è rarefatta poco meno della metà, cioè di 1,80, perchè la pressione media lassù è di 423 mm. Se non vi fosse in basso la respirazione di lusso, noi dovremo respirare un volume d'aria quasi doppia, quando siamo a 4560 metri, per introdurre nei polmoni la medesima quantità di ossigeno. Questo però non succede: anzi, contro ogni previsione, il soldato Solferino respira meno aria nella Capanna Regina Margherita di quanto ne respirasse in basso a Gressoney. Il numero delle sue inspirazioni è cresciuto da 10 a 14 come appare nella tabella X in fondo al volume, ma la profondità dei movimenti respiratori è scemata: invece di respirare litri 6,41 al minuto, respira solo 5,54 di un'aria tanto meno densa. Di qui si vede l'alterazione funzionale del centro nervoso respiratorio, il quale si risente per la mancanza dell'ossigeno ed affretta i movimenti del respiro, ma non riesce ad ottenere l'intento di rimediarvi, perchè non è capace di fare delle inspirazioni più profonde.

In mio fratello (tabella IV) e nel caporale Camozzi (tabella VI) aumenta la frequenza e la profondità delle inspirazioni. Il numero dei litri d'aria respirati da mio fratello a Gressoney, e a 4560 metri, sta nel rapporto di 1 : 1,22. Pel caporale Camozzi questo rapporto fu di 1 : 1,62. Fra Torino e Gressoney non trovai una differenza apprezzabile quantunque il dislivello sia di 1351 metri.

Beno Bizzozero (tabella V) introdusse una quantità d'aria nei polmoni maggiore che in basso, aumentando la frequenza delle inspirazioni e diminuendo la loro profondità; ma i litri d'aria respirati lassù ad ogni minuto, crebbero solo di 1,04 in confronto di Gressoney.

Nel soldato Sarteur (tabella VII) la frequenza del respiro rimase costante, e crebbe la profondità; ma l'aumento dell'aria inspirata fu piccolo, perchè paragonando i litri d'aria respirati in un minuto a Gressoney e a 4560 metri stanno nel rapporto di 1: 1,03.

I soldati Chamois ed Oberhoffer (tabella VIII e IX) che arrivarono entrambi da Ivrea alla capanna Regina Margherita, senza fermarsi nelle stazioni intermedie per l'acclimamento, presenta-

rono il fatto curioso che in entrambi il respiro era meno frequente che a Torino, ma era più grande il valore dell'inspirazione media: tanto che i rapporti fra i litri d'aria inspirati a Torino e a 4564 metri, stanno come 1: 1,15 per il soldato Chamois, e come 1: 1,003 per il soldato Oberhoffer.

Facendo la media degli aumenti osservati nel volume dell'aria inspirata da sei di queste persone, all'altitudine di 4560 metri, risulta che i numeri dei litri d'aria inspirati ogni minuto in basso ed in alto, stanno nel rapporto di 1: 1,17. Siamo dunque molto lontani dal rapporto di 1: 1,80 che dovrebbe esistere, se il volume dell'aria inspirata crescesse in modo proporzionato alla rarefazione dell'aria.

Le modificazioni che produconsi nella frequenza e nella profondità del respiro a 4560 metri non obbediscono ad una legge costante, e tutte le combinazioni possibili furono da noi osservate, cioè: aumento della frequenza e della profondità delle inspirazioni; diminuzione della frequenza ed aumento della profondità dell'inspirazione; aumento della frequenza e diminuzione della profondità; finalmente, come abbiamo veduto nei tracciati a pag. 39, può diminuire la frequenza e anche la profondità del respiro.

Alcune cifre di queste tabelle non corrispondono esattamente ai dati che furono già riferiti nelle tabelle precedenti; questo si spiega notando che per respirare a traverso il contatore doveva vincersi nell'inspirazione una piccola resistenza e che l'aver la maschera applicata alla faccia e il sapere di essere osservati modifica leggermente il respiro. Per diminuire gli errori si aspettava un quarto d'ora dopo che si era stabilita la respirazione a traverso le valvole prima di cominciare l'esperienza. Malgrado tali inconvenienti (che non si potranno mai evitare del tutto) le osservazioni fatte da mio fratello (che ho riassunto nella tabella III in fondo al volume), formano colle osservazioni ora discusse, il materiale più attendibile che possediamo fino ad ora per lo studio della respirazione a grandi altezze.

Quanto alle indagini recenti fatte dal signor Leo Zuntz nella Capanna Regina Margherita [1] con metodo alquanto diverso dal mio, temo che in lui non fosse ancora scomparsa del tutto la stanchezza: perchè mentre alla pressione atmosferica ordinaria egli respirava 4,93 litri di aria al minuto, nella Capanna Regina Margherita respirò litri 13,74 e 10,55 nell'esperienza successiva. Il volume dell'aria inspirata diventò dunque maggiore del doppio: e questo è troppo in confronto dei valori che io ottenni nel riposo sulle persone che si fermarono con me nella Capanna Regina Margherita.

[1] *Op. cit.*, Pflüger's Archiv, Bd. 66, pag. 517.



Discesa della spedizione dal Monte Rosa. – L'ultima parte del ghiacciaio Garstelet.

CAPITOLO DICIASSETTESIMO.

Azione dell'aria di montagna sul sistema nervoso. Il mal di capo. Il vento.

I.

Gli animali inferiori risentono anch'essi l'azione dell'aria rarefatta. Ci vuol poco ad accorgersene; le stesse pulci, quando si mette un cane sotto la campana pneumatica, escono di sotto ai peli e saltano fuori irrequiete, spargendosi intorno e fuggendo; segno che l'aria rarefatta dà loro molestia.

Per avere un altro indizio sperimentai nelle lucciole, le quali, per mezzo della fosforescenza, lasciano conoscere meglio la eccitazione del sistema nervoso. La fosforescenza di questi insetti è un processo chimico, come quello della luce che manda il fosforo, benchè incomparabilmente diverso nella sua intima natura. Mi interessava molto il vedere, se la diminuzione dell'ossigeno nell'aria rarefatta, modificava il fenomeno vitale della luce.

Presi a tale intento delle lucciole e le misi sotto una grande campana di vetro, nella quale eseguii lentamente la rarefazione dell'aria fino a che la pressione era solo di 30 centimetri come è sulla vetta più alta dell' Himalaja. Fui meravigliato nel vedere che la luminosità loro cresceva quanto più diminuiva l'ossigeno rarefacendosi l'aria. Tutti sappiamo che la lucciola splende a periodi con intermittenze di luce e di tenebre. Appena cominciò a rarefarsi l'aria tali periodi cessarono, e le lucciole si mantennero continuamente luminose. Anche dopo mezz' ora, od un' ora, che erano nell' aria, tanto rarefatta che un cane od un uomo sarebbero morti, questi coleotteri brillavano di una luce più intensa di quanto non splendano nei nostri prati al tempo dei loro amori. Il colore della luce era meno giallo e prendeva una tinta più infocata e rossa sul bordo dei segmenti.

Nelle notti d'estate, chi prende in mano una lucciola, vede che solo i due segmenti nella parte posteriore del corpo sono luminosi. Nell'aria rarefatta il corpo delle lucciole si allunga di circa tre millimetri nella parte posteriore luminosa. In tutte diviene più breve il periodo di riposo, o di tenebra, degli organi luminosi, tanto che la luce rimane continua, con dei periodi di un bagliore più intenso e più debole.

Si era creduto dai fisiologi che la luce che emettono questi animali fosse un fenomeno della vita strettamente congiunto all' ossigeno dell' aria. Ora vediamo che ciò non è vero. Stabilita l' indipendenza delle cellule luminose dall' aria ambiente, ci sarà più facile comprendere che anche in noi le cellule possono essere meno strettamente legate di quanto siasi creduto fino ad oggi coll'ossigeno dell'atmosfera.

Qui vediamo cogli occhi, senza ricorrere al ragionamento ed alla imaginazione, che realmente le cellule degli organi luminosi hanno in sè le sostanze atte a produrre la luce senza dover prendere l'energia loro dall'ossigeno dell'aria atmosferica. È l'eccitazione, o la paralisi del sistema nervoso, che fomenta e attizza i processi chimici, nelle cellule dalle quali si estrinseca la luce, e la luminosità va crescendo a misura che diminuisce l'ossigeno. Questo che sembra un paradosso, è la prova evidente di un fatto che ha un'importanza fondamentale nella fisiologia.

Il fuoco della vita (per servirmi non più in senso traslato ma nel proprio, di un' imagine poetica) diviene visibile negli organi luminosi e l'energia chimica delle cellule si trasforma nell'energia della luce senza che l' ossigeno dell' aria abbia immediatamente parte a questo lavoro.

II.

La diminuzione della pressione atmosferica ha un'influenza sui muscoli e sul sistema nervoso degli animali a sangue freddo?

Ho fatto questa domanda al dott. Werner Rosenthal, figlio del celebre fisiologo J. Rosenthal, quando si presentò al mio istituto per fare un lavoro. Egli scrisse una Memoria su questo argomento, nella quale raccolse la storia dei tentativi che s'erano fatti prima che egli si accingesse a tale studio [1].

Furono ricerche che richiesero una abilità non comune nella parte tecnica; egli esaminò, coi nuovi progressi del metodo grafico, le funzioni dei nervi e dei muscoli nell' aria rarefatta. Per brevità non posso neppure accennare le ingegnose esperienze da lui fatte per evitare i cambiamenti di temperatura che si producono nel rarefarsi e nel condensarsi dell' aria sotto la campana pneumatica, per escludere l' evaporazione e tante altre difficoltà che alteravano le condizioni dell'esperienza.

Certo sarebbe utile mostrare, con qualche tracciato, quanto i muscoli ed i nervi sentano l' influenza de' cambiamenti minimi della temperatura, ma questo uscirebbe dal tema che qui desidero trattare.

Delle conclusioni alle quali giunse il dott. Rosenthal, riferisco solo che la diminuzione della pressione non esercita influenza sui muscoli della rana. I centri nervosi, che fanno muovere il cuore della rana, non sentono la pressione diminuita. Non vi è differenza per i fenomeni asfittici, tra una rana tenuta nel vuoto ed una chiusa in un ambiente privo di ossigeno. I fenomeni fisici e le reazioni chimiche che si compiono nei muscoli e nei nervi in rapporto alla loro funzione, sono indipendenti dalla pressione barometrica.

Questi risultati, benchè ottenuti sulle rane, hanno importanza per noi, perchè tra le funzioni degli esseri inferiori e l'uomo, esistono solo differenze nella quantità, non nella qualità. Tutte le proprietà del sistema nervoso osservate negli animali più semplici si riscontrarono nell'uomo e negli animali superiori.

Se i fenomeni più appariscenti, che proviamo sulle montagne

[1] Werner Rosenthal, *La diminution de la pression atmosphérique a-t-elle un effet sur les muscles et sur le système nerveux de la grenouille?* Archives italiennes de Biologie, Tome XXV, pag. 418.

per la rarefazione dell'aria, sono tutti di natura nervosa, questo è un indizio che dobbiamo cercare in un disturbo della nutrizione dei centri nervosi la causa del male di montagna, e non in un semplice effetto fisico per la diminuita pressione. Vedremo in seguito, che quanto più un animale ha il sistema nervoso sviluppato, altrettanto sente più l'azione dell'aria rarefatta. La nutrizione delle cellule nervose è più vivace in noi, che non sia negli animali a sangue freddo, i processi chimici sono più intensi e questo spiega tale differenza.

III.

In generale può dirsi che il mal di capo e la stanchezza danno il primo avvertimento che è succeduto qualche cosa di anormale nel sistema nervoso. È con tali sintomi che comincia il male di montagna. Dopo succede un disordine nella innervazione del cuore e dello stomaco per cui si ha la palpitazione, la vertigine, la nausea, la mancanza di appetito ed il vomito; più tardi compare la sonnolenza. Molti hanno trovato una rassomiglianza tra il mal di mare e il male di montagna; a me sembra però che i fenomeni per l'aria rarefatta siano molto più complessi e variati. Come e perchè compaia prima, o si imponga agli altri uno di questi fenomeni, è cosa che dipende dalla natura di ciascuna persona e da intricatissime contingenze.

Solo questo può dirsi, che la reazione dell'organismo è tanto più intensa quanto minore è l'energia del sistema nervoso. Tra i molti esempi che dimostrano questo, ne scelgo uno. Quando ero studente partii da Ceresole con alcuni amici, e fatta l'ascensione del Gran Paradiso, scendemmo pel Rutor alla Thuile. Arrestati dal cattivo tempo nell'Ospizio del Piccolo San Bernardo, scendemmo per l'Allée Blanche e il lago di Combal a Courmayeur. Eravamo bene allenati; ma disgraziatamente un amico, che doveva lasciare la nostra comitiva, ci fece bere più del solito e ci coricammo così tardi, che dormimmo solo poche ore e male, essendo eccitati dall'alcool.

Il giorno successivo di buon mattino partimmo per il colle Ferret. Quando arrivammo ai laghi di Fenêtre, a 2500 metri, uno dei nostri compagni cominciò a sedersi di quando in quando e a rimanere indietro. Io lo aspettai, e mi disse che aveva mal di capo e stava poco bene. Poco dopo, continuando a camminare, ebbe nausee e sforzi di vomito. Anche stando seduto, il respiro era frequente ed il polso accelerato e debole. Più che tutto gli

dava molestia la palpitazione del cuore e l'oppressione che gli levava il fiato, come egli diceva. Coricatosi in terra, dopo mezz'ora di riposo lo prendemmo sotto braccio e potè giungere fino al colle Fenêtre, ma quivi lo prese un'altra volta e più forte il malessere ed il vomito. La forza dei muscoli era in lui tanto scemata, che malgrado le nostre esortazioni non volle più muoversi.

Avevamo già preparato una tenda, facendo con i bastoni da alpinista e le coperte una specie di capanna, nella quale due di noi, con una guida, volevamo passare la notte e far compagnia al nostro amico. Ma una parte della comitiva, avviatasi prima all'Ospizio del Gran San Bernardo, tornò indietro colle lanterne e coi cani. Fu una emozione profonda che produsse in noi la vista di quei cani leggendarii, che ci facevano festa. Le lanterne della comitiva numerosa, rischiarando la notte, portarono l'allegria nella umile tenda. Rialzatosi il morale del nostro malato, potè scendere all'Ospizio del Gran San Bernardo, e il giorno dopo era in condizioni perfettamente normali.

Fu questo uno dei casi di male di montagna i più caratteristici che io abbia osservato. L'altezza era solo di 2500 metri e si trattava di persona allenata, senza alcun vizio di cuore e discretamente robusta. La gravità dei sintomi fu prodotta dalla debolezza del sistema nervoso e dalla mancanza del sonno. Le fatiche molto più intense dei giorni precedenti ad altezze maggiori, non avevano prodotto in lui nulla di simile. Fu l'effetto del pranzo lauto, del vino bevuto in abbondanza e del riposo insufficiente, che fece comparire ed aggravò i sintomi del male di montagna.

Un generale (ricordo una vecchia storia che vale ancora per gli eserciti moderni e per gli alpinisti futuri), disse che non bisogna mai condurre alla battaglia i soldati dopo un giorno di festa. Qui ne abbiamo una prova sulle Alpi.

IV.

Fra le cause che hanno prodotto una depressione così profonda nelle forze del mio amico al colle Fenêtre, credo debba ricordarsi l'oscurità improvvisa prodotta dalla nebbia. Nel mio soggiorno sul Monte Rosa ebbi spesso occasione di confermare questa azione deprimente che la nebbia esercita anche sui migliori alpinisti. Del resto le guide ammettono tutte che la nebbia, quando è densa, sia un nemico assai più temibile della tormenta.

Un giorno eravamo nella Capanna Regina Margherita ed essendo giunte due carovane ci trovavamo troppo pigiati. Uno dei

custodi della capanna e due soldati si offrirono di scendere alla Capanna Gnifetti per lasciare un po' di posto libero. Erano gli uomini migliori della nostra comitiva e partirono allegramente alle quattro pomeridiane, avendo tutto il tempo per giungere in basso, prima che si facesse la notte. Disgraziatamente, arrivati sul grande piano di ghiaccio, furono investiti dalla nebbia e cominciò a nevicare.

Poco dopo si accorsero che avevano perduto la strada e continuarono a camminare. Passata un'ora errando a tastoni, videro con sorpresa che erano tornati al punto dove erano passati prima che la nebbia avesse chiuso loro intorno l'orizzonte. Improvvisamente si sentirono scoraggiati. Camminarono ancora un buon tratto e seguivano le buche degli alpenstock fatte da un'altra comitiva che era salita alla capanna, ma perdettero anche questo filo che poteva condurli fuori da quel labirinto, perchè fattasi più fitta l'oscurità e cadendo più abbondante la neve non trovavano più le orme, perchè le traccie erano scomparse e il vento aveva ricolme di nevischio le buche. Del tutto disorientati temevano di non trovare più la via, nè per ritornare indietro, nè per scendere. Per buona sorte il cielo si rischiarò e poterono giungere a notte fatta alla Capanna Gnifetti.

Quando ritornarono il giorno dopo in alto e mi raccontarono l'emozione e la paura che avevano avuto, pareva che parlassero come di un sogno e di una visione, tanto era diverso il loro linguaggio da quello che essi tenevano generalmente da uomini coraggiosi e robustissimi com'erano. La mancanza della vista produce una depressione morale. Nella notte siamo meno coraggiosi e la paura degenera in panico.

A tutti i veri alpinisti è capitato di partire al mattino col proposito di bivaccare in alto sulla montagna; ed a molti sarà successo di doversi decidere, prima che tramonti il sole, a passare la notte sopra la roccia o sul ghiaccio. Lo stato di animo è in questi casi affatto diverso da quello dell'alpinista che viene improvvisamente avvolto dalla nebbia e chiuso dall'oscurità sul ghiacciaio. Una guida del Monte Bianco mi ha raccontato che una volta girò molto tempo intorno alla Capanna Vallot, senza trovarla ed era pochi passi distante, tanto era fitta la nebbia. Lo scoraggiamento e la depressione psichica, come il timor panico, non stanno in proporzione colle cause. Il vento che porta via il suono della voce rende più grave l'isolamento. La paura agisce sull'organismo in modo tale che compaiono i fenomeni del male di montagna anche in persone che prima non ne avevano mai sofferto. Uno di questi due soldati disse che aveva provato come delle vertigini e una sensazione di nausea tale che poco mancò non vomitasse.

L'azione che le tenebre esercitano sui fenomeni psichici, non fu ancora studiata abbastanza. Certo le tenebre hanno azione deprimente. Lo prova la fatica maggiore delle marcie notturne. Féré vide che gli accessi epilettici si producono per due terzi nella notte e solo un terzo di giorno [1]. Il nostro corpo è costituito da un sistema di forze in equilibrio instabile, e basta un'emozione per dare il tracollo in modo che la bilancia non può più riprendere l'equilibrio, malgrado ogni sforzo della volontà. Chi non ha provato la nebbia dei monti camminando tastoni, col pericolo di essere ingoiato nei crepacci o di scivolare nei precipizii, non può comprendere l'ambascia e lo sgomento che prova l'alpinista in simili circostanze. La mancanza della vista può condurre agli atti più disperati.

È un'audacia pazza quella degli alpinisti che sfidano la nebbia; anche nei giorni migliori il Monte Rosa può riuscire fatale, e guai a chi viene sorpreso dalla nebbia nel grande anfiteatro che si stende ai piedi delle punte più elevate.

V.

Se mi si domandasse che cosa sia il mal di capo, non saprei rispondere. Tutto al più direi che il mal di capo è un avvertimento che ci dà la coscienza organica di un disturbo nella nutrizione del cervello. Le parti fondamentali del nostro corpo sono insensibili. Nei visceri, nello stomaco, nel cervello il chirurgo mette le forbici e taglia senza che il malato se ne accorga. Non per questo manca loro completamente la sensibilità. Il male di capo è come la voce di questo senso fondamentale e recondito. Anche la fame ci avverte, senza che abbia dei nervi speciali a sua disposizione, quando è prossimo un danno per mancanza di alimento. Così in molti il mal di capo è come un fischio di allarme che manda la coscienza organica generalmente muta. Benessere e malessere sono parole vaghe e convenzionali per esprimere un mondo di sensazioni che non si possono definire. Se qualcuna delle condizioni vitali è alterata per la febbre, per la fatica, per il lavoro mentale eccessivo, per l'aria corrotta, per la cattiva digestione, subito sorge il male di capo come una sentinella che ci avverte. In alcune comitive che giunsero alla Capanna Regina Margherita tutti se ne lagnavano. Avevamo con noi una piccola farmacia, perchè sapevamo che ci sarebbe toccato nostro mal-

[1] Ch. Féré, *Les épilepsies*, 1890, pag. 313.

grado fare il medico. Trovammo che la fenacetina giovava di più dei rimedi eccitanti. Sapendo che la debolezza e l'esaurimento del sistema nervoso produce pure il male di capo, io speravo che la cocaina sarebbe stata utile; ma non mi accorsi, anche amministrandola alla dose di un decigrammo nel vino di Marsala, che facesse scomparire più presto il male di capo, benchè indubbiamente giovi per dare forza.

La fatica, i disturbi della digestione, la durata insufficiente del sonno, la luce abbagliante dei ghiacciai e l'azione dell'aria rarefatta sono i fattori del male di capo che tutti più o meno soffrono sulle alte cime.

Il male di testa prodotto dall'aria di montagna ha questo di caratteristico, che si rinforza e scema nelle varie ore della giornata. Il tormento maggiore che io abbia mai provato in causa agli odori, fu per l'odore di putrefazione che mandavano gli sputi e l'alito del soldato Ramella durante la polmonite e la gangrena polmonare che lo prese nella Capanna Regina Margherita. L'avevamo isolato nell'ultima camera, trattandosi di una malattia infettiva, ma disgraziatamente io dovevo lavorare quasi sempre vicino al suo letto, in causa alla ristrettezza dello spazio, e dopo meno d'un'ora di lavoro ero obbligato ad interrompere le ricerche in causa al male di capo. Mi affacciavo ad una finestra, e se il tempo lo permetteva andavo fuori sul ballatoio; in pochi minuti tornavo a star bene, e rientravo nella stanza del malato a riprendere i miei studi.

VI.

In alcune persone molto sensibili per l'azione dell'aria rarefatta compaiono dei disturbi nervosi più gravi. Un mio collega dell'Università di Torino non può deglutire bene ad una certa altezza perchè (dice lui) le ghiandole salivari non funzionano abbastanza.

Il signor Kolbe venne alla capanna Gnifetti col dott. Weber. Quando partirono per il Colle del Lys il tempo era incerto; camminarono un'ora sul ghiacciaio, ma le fermate diventarono sempre più frequenti e il signor Kolbe più pallido. L'ansare era divenuto così affannoso che malgrado l'insistenza coraggiosa del signor Kolbe dovettero retrocedere. Già prima erasi manifestata la nausea con sforzi di vomito, ma di questo poco si inquietavano entrambi. Fu la comparsa di un color livido della faccia che li decise a tornare indietro. Il termometro segnava 6°.

Ritornati alla Capanna Gnifetti non cessavano dal meravi-

gliarsi che il miglioramento fosse stato così improvviso. Dopo 2 o 3 minuti che si erano voltati e cominciarono a scendere, scomparve ogni malessere e vennero giù quasi correndo. Dopo un'ora e mezzo erano seduti a tavola e mangiavano. Il solo incomodo che fosse rimasto al signor Kolbe era di non poter far bene il boccone e deglutire come al solito. Non cercammo se ciò dipendeva da una leggera paralisi dei nervi di moto, o se pure era la sensibilità che fosse diminuita; probabilmente la causa era una leggera paralisi del nervo vago.

Il dott. Weber volle esaminare il cuore e lo trovò normale. Per spiegare lo stato grave del signor Kolbe e la sua rapida risurrezione basta ricordare che aveva 60 anni. Più vecchi di lui ne vidi solo passar due sul Monte Rosa, il senatore Perazzi che fu il nestore degli alpinisti italiani e la guida Anthamatten di Saas che aveva 67 anni, la più vecchia credo di quante facciano ancora servizio attivo.

Parrot[1], il quale per primo salì sulla punta Parrot, la più bella fra le punte del Monte Rosa (della quale ho riprodotto una fotografia di Vittorio Sella), nel suo viaggio al Caucaso, racconta che una volta perdette la voce. Anche questo è un fenomeno di paralisi del nervo vago. Non sentivasi male, non aveva vertigini, nulla, solo una grande debolezza. Anche gli occhi suoi vedevano meno lontano e meno distinto. Si riposò mezz'ora e potè nuovamente parlare.

Paolo Güssfeldt nel suo libro sul Monte Bianco disse: “ Certo il cervello nei luoghi bassi è capace di una produzione migliore che non a grandi altezze. Probabilmente anch'esso si abituerà all'aria rarefatta come il cuore ed i polmoni. Così per lo meno suggerisce la mia esperienza. Ho provato una volta a continuare un lavoro in mezzo al mondo alpino e questo lavoro non aveva alcuna relazione colle montagne. Tirai innanzi col più grande stento e quanto scrissi dovetti dopo cancellare. Appena ritornai in Germania mi venivano giù i pensieri senza fatica, e condussi a termine rapidissimamente il mio lavoro. „

Nei dieci giorni che mi fermai sul Monte Rosa, a 4560 metri, non mi sono accorto che vi fosse una differenza nella attività del cervello. Con mio fratello abbiamo fatto la prova di contare in quanti secondi ci riusciva a fare la somma, o la moltiplicazione di un determinato numero di cifre e trovammo che per le medesime operazioni non vi era differenza nel tempo a Torino e sul Monte Rosa.

[1] *Reise in die Krym und den Kaukasus von M. von Engelhardt und F. Parrot.* Berlin, 1815. I, Theil, pag. 202.

Questo vale solo per lo stato di riposo completo, perchè appena si aggiunge la fatica tutto cambia, e non è più la stessa la rapidità colla quale si compiono le operazioni aritmetiche degli stessi numeri. Speck dice che stando in un'atmosfera che contenga solo il 9 per 100 di ossigeno si perde la memoria. La stessa cosa produce l'ossido di carbonio; e credo possa dirsi in generale che la memoria cessa appena è disturbata la nutrizione del cervello.

VII.

Conosco bene il mio cuore, perchè lo studio da molti anni; la prima volta che lo sorpresi ad essere meno regolare fu sul Monte Rosa, dove di quando in quando batteva più in fretta. Questo l'osservai anche su Beno Bizzozero, su mio fratello e su altri.

Gli acceleramenti dei quali devo ora parlare, sono più forti e più irregolari delle variazioni periodiche nella frequenza del polso, delle quali ho già riprodotto alcuni tracciati nel capitolo quarto, pag. 70.

Trattandosi di uno dei sintomi più gravi del male di montagna, e di un fenomeno sul quale vorrei chiamare l'attenzione degli alpinisti, riferisco alcune osservazioni fatte su me stesso.

Il giorno 9 agosto alle ore 1,15 arrivai alla Capanna Regina Margherita non molto affaticato, perchè mi ero proposto di camminare molto adagio, tanto che impiegai cinque ore a fare quest'ascensione per la quale bastano quattro ore. Appena giunto notai che la frequenza del polso era 102 al minuto, il respiro 22, la temperatura rettale 37°,9.

Dopo quattro ore di riposo, due delle quali passai coricato e le altre a mettere in ordine i miei strumenti: polso 68, respiro 15, temperatura 36°,9. L'effetto della fatica e dell'aria rarefatta è piccolo, perchè in basso a quell'ora avrei avuto in condizioni normali: polso 60, respiro 13, temperatura 36°,8.

Il giorno successivo, 10 agosto, alla stessa ora sto meno bene: il mio polso presenta di quando in quando delle irregolarità nella frequenza; ora è più debole ed ora più forte. Prego Beno Bizzozero di contare il polso per 10 minuti di seguito, ed un soldato scrive per ogni minuto: 73. 76. 75. 76. **93. 80. 84.** 80. 76. 75. Respiro, 22 al minuto, irregolare; temperatura, 37°,4. Tale disturbo nello stato fisiologico è importante perchè non ero uscito dalla capanna, e non dipende nè dal freddo nè dalla fatica, ma solo dalla depressione barometrica. Fuori, la temperatura era —9°,

come segnava il termometro messo fuori della finestra verso il nord per le osservazioni meteorologiche; ma dentro stavamo caldi perchè c'erano tutta la giornata due stufe accese, una nella stanza dell'osservatorio e l'altra in cucina.

Il quarto giorno, cioè il 12 agosto, le irregolarità nella frequenza del polso erano scomparse, e il mio cuore batteva lento e regolare come a Torino. Il dott. Abelli e Beno Bizzozero meravigliati della lentezza del mio polso, lo contarono entrambi ripetutamente mentre stavo coricato, e trovarono da 54 a 55 pulsazioni al minuto; respiro, 16 a 17; temperatura rettale, 36°,6. Tutti i fenomeni dovuti alla depressione erano dunque scomparsi. Solo il respiro era più frequente del normale, perchè a Torino prima di alzarmi da letto faccio solo 11 a 12 respirazioni al minuto. Un inconveniente che non scomparve mai fu la molestia maggiore che provavo a chinarmi, mettendo così un ostacolo alla circolazione venosa del sangue.

In Beno Bizzozero notai i primi giorni che eravamo nella Capanna Regina Margherita i medesimi aumenti nella frequenza del polso, e la faccia sua cambiava di quando in quando di colore: ora era più rosso ed ora più pallido, senz'altra causa che una modificazione intima nello stato dei centri nervosi che regolano i movimenti del cuore e dei vasi sanguigni.

Mi sono a questo modo convinto che il male di montagna può mostrarsi in tutti ad altezze non molto grandi, e che nella Capanna Regina Margherita vi sono le condizioni favorevoli per compiere un simile studio, e che solo descrivendo minutamente i primi sintomi del malessere, possono gettarsi le basi sicure per una fisiologia del male di montagna.

VIII.

Il vento agisce comprimendo od aspirando. Mentre eravamo nella Capanna Regina Margherita le burrasche si incaricavano spesso di farci assistere nostro malgrado a delle esperienze come non ci capita di fare quaggiù sul movimento dell'aria. Quando soffiava il vento in direzione tangente alla porta, appena si tentava di aprirla, subito usciva la fiamma dalla buca della stufa ed il fumo era tirato con veemenza verso la porta.

Succede la stessa cosa nei polverizzatori, dove si soffia in direzione tangente ad un tubo immerso in un liquido odoroso. La corrente d'aria che passa con impeto all'apertura sottile del tubo,

trascina con sè l'aria contenuta nel tubo che sta immerso nel liquido: altre particelle d'aria vi succedono, e quest'aria rarefacendosi tira dietro il liquido fino al punto che giungendo questo al sommo del tubo, viene disperso in una nube sottilissima. Queste due forze del vento, la comprimente e l'aspirante, dovrebbero pure agire nella respirazione: ho provato, ma non oserei conchiudere nulla, perchè era troppo grande la molestia che dava la tormenta in quel giorno.

Provandoci a respirare colla nuca rivolta al vento, si prova che il respiro è più facile: ma non credo che questo effetto sia dovuto all'aspirazione. Il vento di fronte è più molesto perchè agisce sulla faccia scoperta e sugli occhi: più che tutto è la sensazione del freddo che dà molestia.

Intorno all'azione che il vento esercita sul respiro le idee sono contradditorie; quelle del volgo sono note, perchè si crede ad esempio, che uno il quale cada da una torre, arrivi a terra soffocato per la mancanza del respiro; come se nel moto rapido a traverso l'aria, non potesse più riempire i polmoni d'aria.

Tissié in un suo studio recente si esprime a questo modo[1]:

„ Plus la vitesse de progression augmente, plus la respiration est difficile; les couches d'air traversées étant perpendiculaires à l'axe d'expiration buccale, forment un tampon d'autant plus résistant que la vitesse est plus grande. C'est afin de pouvoir mieux respirer qu'on baisse instinctivement la tête quand il fait grand vent, on deplace ainsi les deux axes de la respiration. „

Per studiare come si modifichi il respiro in una corrente fortissima di aria impiantai nel mio Laboratorio un ventilatore messo in azione da un motore a gas. Per la sua forma questo ventilatore era simile a quelli che si adoperano nelle fonderie e nelle fabbriche per generare una corrente forte di aria. Siccome gli anemometri comuni non servivano per misurare questa corrente, tanto essa era forte, determinai la velocità dell'aria col metodo di Lind[2] servendomi di un manometro ad acqua fatto da un tubo di vetro del diametro di 20 mm., piegato ad U. Uno dei bracci di questo tubo era piegato ancora una volta perchè l'aria che usciva dal ventilatore lo imboccasse giusto. L'acqua contenuta nel medesimo sollevavasi fra 18 e 20 mm., alla distanza di 10 centimetri dal tubo donde usciva l'aria.

Facendo i calcoli secondo le tabelle che servono per tale apparecchio, trovai che all'altezza di 20 mm., corrisponde una velo-

[1] TISSIÉ, *L'Entraînement physique.* — *Revue scientifique*, 25 avril 1896, p. 516.
[2] GEHLER'S, *Physikalisches Wörterbuch.* X B., p. 2184.

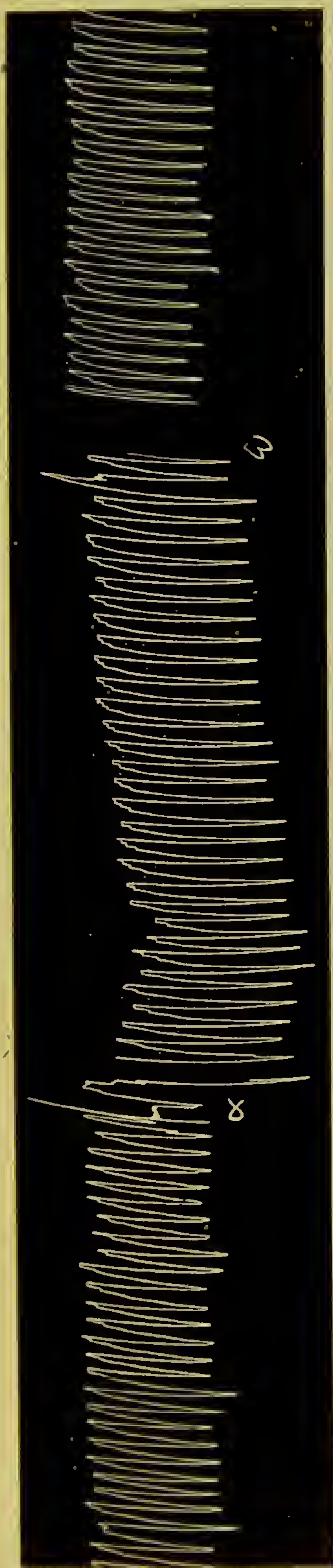


Fig. 54. — Azione del vento sul respiro.

A. Mosso. — Il primo pezzo del tracciato fino in α rappresenta il respiro normale scritto col pneumografo Marey. In α metto la faccia davanti ad una corrente d'aria che ha la velocità di 34 m. al secondo. — In ω cessa e l'ultimo pezzo rappresenta il respiro normale.



Fig. 55. — Azione del vento sul respiro.

Dott. Perrod. — La prima parte del tracciato fino in α è il respiro normale. — In α comincia l'azione del vento colla velocità di 34 m. al minuto secondo.

cità di 34^{m}6 al minuto secondo, che è la velocità dei cicloni; ossia una velocità di 124 chilometri all'ora.

Volli prima vedere come si modifichi la pressione del vento, passando per il naso e la laringe, quando giunge ai polmoni. Naturalmente ho dovuto fare questo esperimento sopra di un cadavere. Messa la testa col medesimo tubo nella trachea, in modo che la corrente dell'aria colpisse in pieno le narici, trovammo che la pressione era solo di 15 mm. Questo prova che una parte della pressione del vento va perduta prima che l'aria giunga nei polmoni. Piegando la testa del cadavere, come facciamo quando si cammina contro il vento, la pressione nel manometro scese a 12 mm. È inutile fare delle considerazioni su questi dati che sono facili a capirsi.

L'influenza del vento sulla forma del respiro, la studiai col metodo grafico. Il tracciato 54 rappresenta una prova fatta su me stesso. La prima parte a sinistra è il tracciato del respiro normale. Dove c'è il segno α si mette in moto la macchina e comincia subito la corrente fortissima di 34 metri al minuto secondo. Il torace resta nel primo momento un poco più dilatato, dopo si rimette raggiungendo la posizione che aveva prima alla fine delle espirazioni. Le inspirazioni sono più profonde e più lente. In ω cessa l'azione del vento e la respirazione riprende la sua forma e il suo ritmo di prima.

Nel dott. Perrod la modificazione del respiro sotto l'influenza del vento è maggiore al principio e dopo scompare. Lo si vede nella fig. 55. La prima parte a sinistra segna la respirazione toracica normale mentre fa 17 respirazioni in un minuto. In α comincia il vento: il respiro si affretta e diviene più ampio. Fa nel primo minuto 20 respirazioni. Il torace reagisce alla pressione, non si lascia distendere come in me. Le respirazioni salgono più alto che non fosse prima nel tracciato normale. La frequenza nel secondo minuto è scesa a 18: l'ampiezza è normale. In questa parte del tracciato abbiamo la prova che un vento fortissimo (di 34 metri al minuto secondo), come forse non si prova mai sulle Alpi, perchè l'uomo sarebbe portato via, non esercita un'influenza visibile sul respiro.

In altre persone vidi che il vento rinforza e rallenta i moti respiratori. Quanto alla forma delle singole fasi respiratorie, scritte dando un moto di rotazione più rapido al cilindro dell'apparecchio registratore, non riscontrai alcuna differenza apprezzabile. Siccome però una corrente così forte di aria sulla faccia produce una sensazione molesta di freddo, si stabilisce per questo solo fatto un disturbo nervoso, il quale modifica il respiro senza aver bisogno dell'azione meccanica sui polmoni.

Il vento che adoperai era talmente forte che non tutti potevano resisterci senza gran molestia, e il meccanico del mio Laboratorio provava un senso di vertigine, quando affacciavasi al ventilatore. Questo ci spiega perchè alcune persone soffrano più facilmente il male di montagna camminando contro un vento forte.

IX.

Sui ghiacciai, quando dobbiamo fermarci mentre c'è la tormenta, è bene fare subito colla picozza una buca e mettere le gambe mezze nella neve per difendere i piedi dal gelo.

Nel dott. Perrod misurai la temperatura della pelle sulle guancie con un termometro speciale fatto per queste misure; alla superficie della pelle era 34°. Dopo essersi esposto per due minuti all'azione del ventilatore la temperatura scese a 25°. Misi un'altra volta un termometro ordinario nella bocca in modo che il bulbo poggiasse dalla parte interna contro la guancia, la temperatura della bocca era 35°,6. Espostosi il dott. Perrod davanti al ventilatore tenendo la bocca chiusa in modo che la corrente colpisse la faccia, essendo il termometro contro la guancia dalla parte interna, si produsse una diminuzione della temperatura della bocca di 3° in due minuti e mezzo. La temperatura dell'aria era 12°,5, misurata nella corrente del ventilatore.

Abbiamo dei nervi che sentono il caldo, e altri che sentono il freddo. La pelle della faccia è più sensibile al freddo che non sieno le mani. La punta delle dita sente più dolore pel freddo, che non senta la palma. Dico questo per rammentare come sia distribuita la sensibilità alla superficie del corpo. Il caso tipico, è quello di un organo, che non posso nominare, il quale sente benissimo il caldo, ma verso l'apice non sente il freddo.

Al vento e al freddo gli occhi si riempiono di lagrime. È un fenomeno complesso e non ancora studiato bene. Dalle osservazioni fatte su di me, potrei credere che non sia maggiore la secrezione delle lagrime. Forse è una contrazione che diminuisce l'apertura del canale per il quale scorrono le lagrime verso il naso, oppure succede un mutamento nella maniera colla quale battiamo le palpebre.

Le opinioni degli alpinisti sono discordi riguardo al freddo. Saussure disse: “La seule chose qui me fit du bien et qui augmentât mes forces c'était l'air froid du vent du nord. Lorsqu'en montant j'avais le visage tourné de ce côté-là et que j'avalais à

grands traits l'air qui en venait, je pouvais sans m'arrêter faire jusqu'à vingt-cinq ou vingt-six pas. „

I fratelli Schlagintweit notarono invece in essi e nella loro gente un senso di soffocazione, quando soffiava il vento e la sera si sentivano così malati, in causa del vento, che perdevano l'appetito e non cucinavano neppure il pranzo, mentre stavano meglio al mattino quando l'aria era tranquilla.

Conway, giunto alle medesime altitudini nell' Himalaja, dice l'opposto e si lagna dell' aria tranquilla e del bel tempo. Cito le sue parole: “ Il rapporto tra il caldo, l'aria tranquilla e le sofferenze del corpo, è strettissimo a grandi altezze. Per ciò eravamo obbligati a lavorare col tempo cattivo e di notte, quanto più era possibile „ [1].

[1] Conway, *Opera citata*, vol. I, pag. 509.

Capitolo Diciottesimo.

Circolazione del sangue nel cervello dell'uomo.

I.

Era mio desiderio di trovare un uomo con un'apertura nel cranio, il quale avesse voluto venire sul Monte Rosa; ma non lo trovai. Spero che qualche fisiologo avrà tale fortuna, per ora dobbiamo contentarci delle osservazioni che feci nella camera pneumatica, su due persone che avevano il cervello scoperto.

Parecchi scrittori attribuirono il male di montagna a un disturbo della circolazione sanguigna nel cervello. Gli uni, come Tschudi, dissero che la diminuita pressione barometrica produce una congestione cerebrale; altri, come Lœwy[1], attribuirono il male di montagna all'anemia del cervello. Sarebbe lungo il voler ricordare le teorie che furono escogitate per spiegare i fenomeni morbosi che si producono per l'aumento o la diminuzione della pressione barometrica alla superficie del corpo. In genere può dirsi che predominarono i concetti meccanici. Fu P. Bert che cercò di sostituire una teoria chimica alla teoria meccanica nella spiegazione del male di montagna. Ma i fenomeni sono così strettamente congiunti, che sembra l'una cosa non si possa separare completamente dall'altra. Per darne la prova basta ricordare l'esempio di Le-Pileur, il quale a 3046 metri, sul Monte Bianco, provava le

[1] Lœwy, *Untersuchungen über die Respiration und Circulation bei Aenderung des Druckes*. Berlin, 1895, pag. 15.

vertigini alzando semplicemente la testa [1]. Vivenot [2] afferma che la sonnolenza, la quale spesso molesta gli operai che lavorano nei cassoni dell'aria compressa, dipende da una congestione del cervello. Egli dice che il sangue è cacciato dall'aria compressa verso le parti più interne, e che alla diminuzione del sangue nelle parti periferiche, deve corrispondere una congestione del cervello e del midollo, la quale diviene causa del sonno.

Queste però sono ipotesi, e nessuno, che io sappia, fece fino ad ora delle ricerche dirette. A mostrare quanto poco valore abbiano tali supposizioni, basta avvertire che tanto l'anemia, quanto la congestione del cervello, vennero considerate come causa del sonno e degli altri disturbi nervosi, che sono prodotti dai mutamenti della pressione barometrica; quasi che la ricchezza e la povertà di sangue producessero i medesimi effetti nel cervello.

Le ricerche che feci sull'azione fisiologica dell'aria compressa, avevano mostrato già, fino dal 1877, che la distribuzione del sangue nell'organismo non cambia, anche quando la pressione dell'aria alla superficie del corpo diventa doppia della normale, il che sarebbe un peso che ci schiaccerebbe se non fosse equilibrato su tutte le parti del corpo internamente ed esternamente. Ora vedremo che la teoria meccanica degli spostamenti del sangue è pure incapace di spiegare i fenomeni morbosi che succedono nell'aria rarefatta.

Il metodo che adoperai per scrivere la circolazione cerebrale del sangue, è quello che descrissi nel mio libro sulla Fatica [3]; e qui non sto a ripeterlo. La seguente figura 58 mostra come venne messo un tubo sull'apertura del cranio nel giovane Favre, in modo che il polso del cervello si trasmette ad una leva, la quale scrive il tracciato della circolazione sanguigna. Vediamo intanto come era fatta la camera pneumatica e come era messo l'apparecchio registratore, quando si voleva scrivere il polso del cervello senza disturbare la persona soggetta all'esperienza.

Il grande cilindro verticale che si vede a destra nella fig. 56 è la campana pneumatica. Essa consiste in un grande cilindro di ferro, fatto come le caldaie a vapore, che da una parte finisce in una cupola schiacciata, dall'altra è aperto e vi sta fisso intorno un cerchio di ferro spesso e lavorato esattamente in piano. Questo cerchio è ricoperto da un grande anello di gomma elastica. il

[1] *Comptes rendus*, 1845, vol. XX, pag. 1200.

[2] B. v. Vivenot, *Zur Kenntniss der physiologischen Wirkungen der verdichteten Luft.* Erlangen, 1868, pag. 494.

[3] Capitolo III, § V.

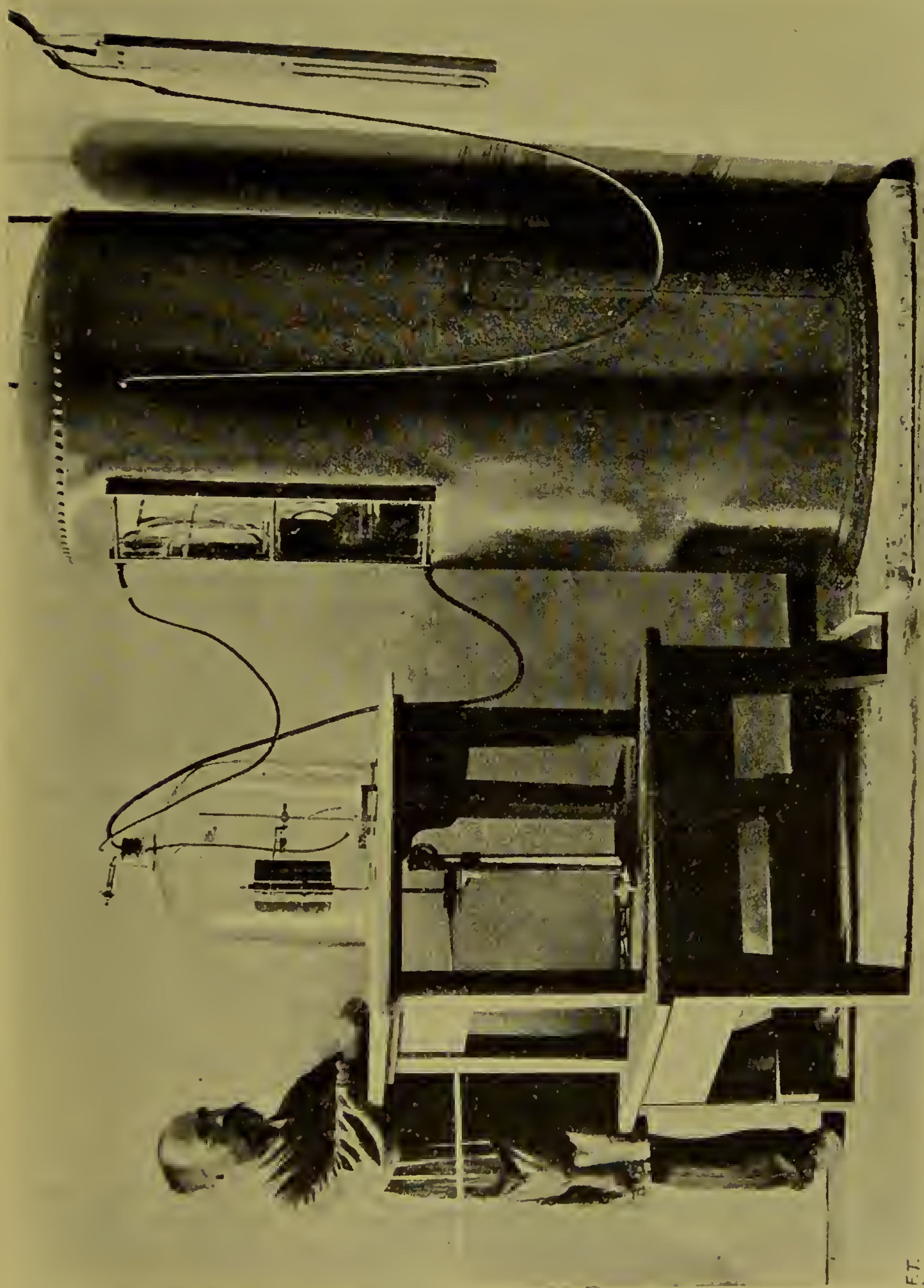


Fig. 56. — Camera pneumatica, e disposizione di un'esperienza per studiare il polso del cervello nell'aria rarefatta.

quale poggia su di una lastra forte di marmo, chiudendo ermeticamente come una campana pneumatica. In questa camera di ferro può stare comodamente un uomo, perchè essa è alta m. 1,85 e larga m. 0,80, così che viene ad avere quasi la capacità di un metro cubo. Una finestra, chiusa da un vetro molto spesso, dà luce all'interno.

La campana si alza e si abbassa facilmente, perchè è tenuta in equilibrio da un contrappeso e da due carrucole fisse al muro. Nella figura non appare questa parte del sostegno di ferro, solo nel centro della cupola si vede l'anello al quale si attacca la corda che tiene sospesa la campana. Per mezzo delle maniglie, che si vedono lateralmente, la campana viene sollevata fino all'altezza di un uomo: e ciò senza fatica, perchè all'altra estremità della corda, vi è un peso eguale che fa equilibrio alla campana di ferro.

Invece di una pompa pneumatica ordinaria, adopero un motore a gas, che tiene in movimento uno stantuffo della capacità di due litri e mezzo, il quale fa circa 30 colpi al minuto. Si capisce che una simile pompa riesca a produrre la rarefazione dell'aria corrispondente all' altitudine delle maggiori montagne del globo. L' aria mentre si rarefà viene continuamente rinnovata nella campana, perchè in una parte, che non appare nella figura, vi è una chiavetta la quale lascia entrare una corrente d' aria. La depressione interna si produce perchè la pompa leva più aria di quanta ne penetri da tale chiavetta. L'afflusso di aria pura non solo è continuo, ma in quantità maggiore di quanta ne respiri l' uomo. Abbiamo analizzato ripetutamente l' aria nella campana pneumatica e anche quando era molto rarefatta e quindi ridotta al minimo l'entrata dell'aria pura, l'acido carbonico trovato dopo un' ora di esperienza, non superava l' uno per cento di aria. Nell'estate, tutte le volte ci occorse di raffreddare l'aria, questa facevasi passare in un miscuglio frigorifico, per mezzo di un serpentino di piombo. Due manometri a mercurio, uno all'esterno che si vede nella figura 56 a destra e l'altro all'interno, servivano per conoscere la pressione.

II.

Fino ad ora la fisiologia trasse poco profitto dalle ascensioni aerostatiche, e si capisce che il trovarsi sospeso nell' aria tolga la calma per indagini minute sull' uomo. Anche la ristrettezza dello spazio ed i movimenti della navicella, sono difficoltà gravi ed insuperabili forse. Per molto tempo saremo dunque condannati

alle *ascensioni artificiali*. Chiamo così gli esperimenti che si fanno coll'aria rarefatta nella camera pneumatica.

P. Bert[1] aveva già costruito nel Laboratorio della Sorbonne una grande campana pneumatica dove egli ed i suoi amici sopportarono delle rarefazioni d'aria corrispondenti a 8000 metri. Giorgio v. Liebig, C. Speck, Kronecker, Zuntz, Lœwy ed altri, si servirono di apparecchi simili.

L'averne io costruita una molto economica, spero che possa facilitare lo studio del male di montagna senza che s'abbia a soffrire il freddo intenso che domina nelle regioni elevate dell'atmosfera.

Nel 1875 gli aeronauti Croce Spinelli e Sivel, sono morti nell'aria all'altezza di 8540 metri, come si verificò all'apertura dei tubi barometrici che aveva dato loro Janssen[2]. Perchè siano morti nell'aria, ad un'altitudine relativamente bassa, non saprei. Si sono stampate delle critiche acerbe intorno a questa spedizione dello Zenith[3], ma la morte di Croce Spinelli e Sivel rimane ancora un mistero. Non può dirsi che la depressione sia stata troppo rapida, perchè mio fratello ed io siamo stati parecchie volte in un tempo quattro volte minore a 7400 metri, ossia alla depressione barometrica che corrisponde ad un'altitudine che è appena 1000 metri inferiore a quella nella quale Croce Spinelli e Sivel sono morti.

L'azione del freddo può aver contribuito, ma non fu certo la causa della loro morte, perchè a 7000 metri la temperatura era solo, —10°. Io credo che l'apprensione esaurisca rapidamente il sistema nervoso ed aggravi in modo inaspettato gli effetti della depressione barometrica. C'è tutta una psicologia incosciente, tutto un mondo di emozioni che le persone coraggiose possono dominare e nascondere, ma che non si possono reprimere, e che esauriscono il potenziale dell'energia. Forse fu per questo che in essi scoppiarono improvvisamente gli effetti più gravi del male di montagna, prima che la rarefazione dell'aria fosse sufficiente, da sola, per produrre la morte.

Anche nella camera pneumatica si osservano qualche volta dei fenomeni gravi, non proporzionati alla rarefazione dell'aria e che probabilmente dipendono dalla paura incosciente e dall'apprensione. Cito per darne la prova una esperienza dello stesso P. Bert. — Il giorno 24 febbraio 1874, egli entrò nella camera

[1] P. Bert, *La pression barométrique*, pag. 631.

[2] *Opera citata*, pag. 1067.

[3] L. Germe, *Recherches sur les lois de la circulation pulmonaire*. Paris, 1895, pag. 354.

pneumatica alle ore 2,37 con un sacco pieno di aria molto ricca di ossigeno. Dopo 35 minuti la rarefazione dell'aria corrisponde a 4150 metri, perchè il barometro segna 450 mm. Il polso è salito da 64 a 84 battiti per minuto e P. Bert prova una sensazione di nausea. Dopo altri 2 minuti, rimanendo la pressione costante a 450 mm., comincia ad avere qualche vertigine ed oscuramento della vista (*éblouissement*).

Dopo un'ora che P. Bert è nella camera pneumatica, sente un tremito convulsivo nel polpaccio della gamba e nei muscoli della coscia. Alle ore 3,57, essendo la pressione 420 mm. (che è l'altezza del Monte Bianco), dice: " Je me sens assez mal à mon aise; ayant trouvé pour le nombre de mes pulsations pendant 20 secondes 28, j'ai la plus grande peine à multiplier ce nombre par 3, et j'inscris sur mon carnet de note *difficile à calculer* " [1].

Un'ascensione artificiale non è dunque una esperienza tanto innocua quanto pare a primo aspetto, ma per fortuna non tutti sono tanto sensibili all'azione dell'aria rarefatta, quanto fu P. Bert questa volta. Esperienze importanti, le fece il prof. Hugo Kronecker, nella camera pneumatica di Schöneck, presso Beckenried, nell'estate del 1891 [2]. Egli dice che essendo stato a 450 mm. di depressione, ciò che corrisponde all'altezza del Breithorn, soffrì per quasi due giorni di sensazioni febbrili, con pesantezza del capo. Ma, ripetendo parecchie volte queste esperienze, il 14.° giorno non ne sentiva più l'influenza. Il primo giorno, dopo tre minuti di un esercizio simile a quello di montare una scala, era incapace di continuare per le vertigini e l'affanno del respiro. Il 14.° giorno poteva fare gli esercizi di salita a 450 mm. (corrispondenti all'altitudine di 4173 metri), come se fosse nell'aria comune. Vediamo da queste esperienze che il prof. Kronecker è pure molto sensibile alla diminuita pressione barometrica: ciò malgrado l'organismo suo si è facilmente abituato alla depressione, ed è probabilmente il suo sistema nervoso che, modificandosi, fu presto in grado di funzionare bene nell'aria rarefatta.

L'aver notato in questo paragrafo che P. Bert soffriva il male di montagna ad altezze inferiori a 41 centimetri del barometro, mostra che la dottrina di Fraenkel e Geppert non è sufficiente. Essi affermarono che il sangue del cane conserva tutto il suo ossigeno fino a 41 centimetri di pressione. Ammesso che il fatto sia

[1] *Opera citata*, pag. 752.

[2] H. Kronecker, *Ueber die Bergkrankheit mit Bezug auf die Jungfraubahn.* Bern, 1894.

vero anche per l'uomo (ciò che non è ancora dimostrato), vedendo che il male di montagna compare ad altezze minori di 41 centimetri, senza che vi occorra la partecipazione della fatica, dobbiamo cercare un'altra spiegazione che non sia quella che diedero Fraenkel e Geppert.

III.

Nei palloni aerostatici, non essendovi la fatica del moto, compaiono in generale assai più tardi i fenomeni dovuti alla rarefazione dell'aria, e si dice che bisogna salire ad un'altezza doppia di quella delle montagne per provare fenomeni di malessere. Questa cifra concorda con quanto ebbi ad osservare su di mio fratello, il quale, a 3620 metri nella Capanna Gnifetti, sentì presso a poco il medesimo malessere che provò a 7400 metri nella camera pneumatica.

Il giorno 22 febbraio del 1895, volendo determinare a che punto cominciava il male di montagna artificiale, resistette nella campana pneumatica fino alla pressione di 31 cent., la quale corrisponde a 7141 metri. Non ebbe vertigini, ma gli si offuscò leggermente l'intelligenza e non poteva più leggere bene i minuti secondi sull'orologio. Per due volte non gli riuscì di contare il polso, quantunque vi mettesse tutta l'attenzione. Il suo carattere scrivendo, era profondamente alterato. La memoria gli si era indebolita per modo che dimenticava le cose che si era proposto di fare, ed uscito non si ricordava bene quanto gli era successo a forti depressioni. L'occhio suo era meno intelligente e la faccia, cominciando il malessere, diveniva più seria ed apatica.

Quando facevo con mio fratello delle esperienze a forti depressioni, i fenomeni più imponenti erano quelli psichici. Ogni piccolo incidente che capitasse durante un'esperienza, diveniva per noi un ostacolo insormontabile. Anche la cosa più insignificante, come ad esempio se cadeva una matita per terra, bastava per fermarci perchè non si aveva più la voglia di raccattarla, oppure non si pensava che chinandosi e prendendola, si poteva continuare a scrivere e proseguire l'esperienza.

Ho una raccolta di autografi fatti in queste condizioni, che certo sarebbero interessanti per i psicologi, ma che per brevità ed economia mi è impedito di riprodurre.

Il dott. Z. Treves e il dott. Daddi ebbero anch'essi l'abnegazione di resistere alla rarefazione dell'aria fino a che non comparvero i primi fenomeni di malessere, come la nausea, la palpitazione,

la sonnolenza ed il tremito, ad altezze tra i 6000 ed i 7000 metri. Ciascuno di noi poteva, girando di dentro una chiavetta, interrompere quando gli piacesse l'esperimento. Ciò malgrado non capitò mai che qualcuno facesse penetrare dall'esterno l'aria per migliorare il suo stato. Forse è la depressione del sistema nervoso che poco per volta ci rende indifferenti. Alcuni tutto d'un tratto, come se si svegliassero, si lamentavano del loro malessere. Così capitò al dott. Daddi, che giunto alla pressione di 340 mm. (cioè di 6500 metri, che è l'altezza del Chimborazo), scrisse improvvisamente: *mi sento molto male ho bisogno di....* e fece una parola indecifrabile che non si capisce se voglia dire *vento* o *diventare*. Prima ancora che alzasse il foglio contro la finestra per farmelo leggere, avevo già capito, perchè era divenuto pallido e gli tremavano le mani scrivendo, così che aprii subito la chiavetta per dargli una corrente forte di aria.

Quando la pressione fu a 540 mm., sorridendo ci avvertì che stava meglio e che potevamo far scendere più adagio la pressione.

Il respiro suo normale alle ore 3,25, dopo un'ora che stava seduto vicino alla campana, era 20 al minuto. Fino a 380 mm. stette bene. Improvvisamente a 360 mm. cominciò a sentire un cerchio che gli stringeva le tempia con oppressione all'epigastrio e cardiopalmo doloroso. Non solo il cuore gli batteva più forte, ma egli provava anche dolore. Poi gli venne un tremito ed il capogiro. Fu allora che si decise a scrivere per chiedere soccorso. Il polso da 80 salì a 92 per minuto, quando cominciò a sentirsi male. La frequenza del respiro non era cambiata. Uscito dalla campana il polso era solo più 73. Messosi a camminare per la stanza disse che il terreno gli sembrava meno duro e che probabilmente gli era un po' diminuita la sensibilità delle gambe; ma subito dopo, questo fenomeno scomparve.

IV.

Lasagno Cesare, d'anni 14, è un apprendista fabbro-ferraio: mentre scivolava giù per una scala col ventre appoggiato sulla ringhiera come fanno i ragazzi, cadde dal secondo piano, e riportò una ferita nel mezzo della fronte con frattura del cranio. Portato all'Ospedale fu curato dal prof. Carle. Quando in ottobre venne nel mio istituto, erano già trascorsi due mesi ed aveva una cicatrice pulsante. Gli applicai una calotta di guttaperca e scrissi il polso cerebrale come appare nella linea superiore A della figura 57. Per scrivere il polso cerebrale nell'aria rarefatta, misi

una grande campana di vetro della capacità di circa 60 litri sopra una lastra di marmo come si vede nella fig. 56; il bordo della campana era smerigliato, e con un po' di grasso chiudeva ermeticamente sulla tavola di marmo. Sotto la campana c'era un cilindro infumato, l'asse del quale potevasi far girare dall'esterno. Nella fig. 56 si vede infatti che l'asse del cilindro è munito in basso di un disco di legno con una scanalatura sul bordo orizzontale dentro alla quale passa una corda; una ruota eguale di legno era messa nell'asse di un apparecchio d'orologeria, il quale non si vede nella figura, che trasmetteva il movimento di rotazione al cilindro. Un tubo di metallo con rivestimento interno di stoppa

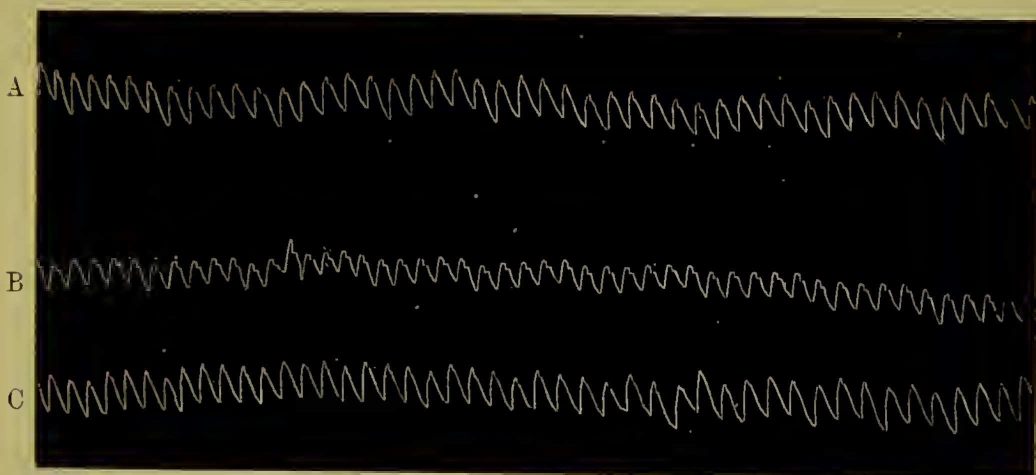


Fig. 57. — Lasagno Cesare. — Polso del cervello.
A) Tracciato normale. — *B*) Polso del cervello scritto ad una rarefazione dell'aria corrispondente a 5111 metri. — *C*) Tracciato successivo normale.

spalmata di grasso, permette la chiusura ermetica della campana nella parte dove l' asse gira. Con tale disposizione avevo la comodità di scrivere il polso in un apparecchio posto fuori della camera pneumatica, che potevo maneggiare, modificandone la velocità, arrestandolo, o facendolo partire ad insaputa della persona sulla quale facevo l' esperienza che stava dentro la campana.

Mentre producevasi la rarefazione dell'aria nella camera, rarefacevasi pure l'aria sotto la campana di vetro per mezzo della comunicazione stabilita fra i due recipienti mediante un tubo di gomma a pareti molto spesse.

I moti del cervello si trasmettevano al timpano registratore messo nella campana di vetro per mezzo di un altro tubo di gomma che attraversava a chiusura ermetica le pareti della cassa

di ferro e il collo della campana di vetro. Una valvola ad acqua messa nell'interno della campana in continuazione del tubo che dal cervello va all'apparecchio registratore permetteva all'aria di espandersi nella capsula e sopra il cervello a mano a mano che scemava la pressione barometrica. In tale modo la pressione rimaneva eguale nella campana di vetro e nella camera pneumatica. Potevo così seguire ogni mutamento del polso e della circolazione cerebrale, senza dover entrare io stesso nella camera, ciò che, per l'alterazione dell'aria prodotta dal respiro di due persone, avrebbe reso più difficile e forse impossibile la esperienza.

La seconda linea B della fig. 57 fu scritta mentre Lasagno trovavasi alla pressione interna di 400 mm. (corrispondenti all'altitudine di 5111 metri, la pressione esterna era 740 mm.). Il respiro che era prima 28 a 30 in 1 minuto, era sceso a 22 e 21. Il polso invece crebbe da 80 ad 89 in 1 minuto.

Ritornato alla pressione atmosferica di 740 mm., si scrisse l'ultima linea C in basso della fig. 57, dove si vede che il polso cerebrale aveva ripreso la frequenza e l'altezza che aveva al principio dell'esperienza. Il respiro era 20 e 22 in 1 minuto.

Guardando con una lente appare evidente la differenza nella curva del polso cerebrale nell'aria rarefatta. Normalmente l'apice delle pulsazioni del cervello presenta tre punte, come ho dimostrato nel mio primo scritto sulla circolazione del sangue nel cervello. Nella linea di mezzo, scritta durante l'azione dell'aria rarefatta, il dicrotismo appare più in basso, ed il polso non è più anacrotico. Questo cambiamento può dipendere da un rilasciamento delle pareti dei vasi sanguigni, e da una diminuzione della tonicità vasale. Infatti si osservò un leggerissimo aumento del volume cerebrale, il quale andò scomparendo, mentre la pressione interna continuava ad essere di 400 mm.

Resterebbe così confermato che anche il centro vasomotorio cerebrale è meno attivo nell'aria rarefatta. L'aumento nella frequenza del polso che osservasi regolarmente nelle persone dentro la camera pneumatica, è prodotto, anch'esso, da una paralisi del centro donde partono i nervi che rallentano i battiti del cuore.

Dalle osservazioni fatte sul giovane Lasagno Cesare posso affermare, che non si produce nè congestione, nè anemia cerebrale per effetto della diminuita pressione barometrica. La causa del male di montagna non risiede adunque in un cambiamento della circolazione cerebrale. Le cause sono più intime, di natura chimica e non circolatoria. È la vitalità delle cellule nervose nei centri più importanti della vita, quella che in alto si modifica per altre cause, che non sono un disturbo della circolazione cerebrale.

Se non vi fu un forte aumento del cervello per azione dell'aria rarefatta, questo dipende dall'indebolimento del cuore. Non saprei in altro modo spiegare la mancanza di una dilatazione maggiore dei vasi sanguigni, mentre diminuisce la loro tonicità. Il polso era più piccolo e più frequente, e ritengo probabile che anche la forza delle contrazioni cardiache fosse minore, mentre scemava l'azione dei nervi vasomotori nel cervello.

Fino a 5111 metri nel giovane Lasagno la circolazione sanguigna del cervello si modificò in modo poco sensibile. Non volli produrre una rarefazione maggiore dell'aria, perchè non potendo fargli compagnia nella camera pneumatica, temevo che si sarebbe spaventato quando fosse cominciato il malessere. Non vi fu dunque alcun accenno ad una congestione o ad anemia per effetto della diminuita pressione barometrica. La sola modificazione che apparve è la diminuzione leggera nella tonicità dei vasi sanguigni del cervello. Per spiegare il male di montagna, alla paralisi incipiente del respiro e del cuore che abbiamo veduto nei primi capitoli, dobbiamo aggiungere questi altri fenomeni che accennano ad una azione meno attiva dei centri nervosi; cioè la debolezza della memoria, e la depressione psichica osservata nelle ascensioni artificiali, e la paralisi dei vasi sanguigni cerebrali osservata nel giovane Lasagno.

Tutti questi fatti, armonizzanti fra loro, servono di fondamento a una dottrina del male di montagna, la quale riconosce nella depressione dei centri nervosi la causa precipua dei fenomeni osservati.

V.

Aria artificiale feci respirare ad animali ed all'uomo, per vedere quali mutamenti succedano, quando diminuisce la proporzione dell'ossigeno nell'aria, senza cambiare la pressione dell'atmosfera. Basta a tale scopo diluire l' aria aggiungendovi dell' azoto (come si allunga il vino aggiungendovi dell'acqua, se fosse lecito paragonare il vino all' aria, e l' acqua all' azoto): oppure si può levare una parte di ossigeno all' aria, e si ottiene un' aria artificiale che corrisponde alla rarefazione voluta. Comunque si faccia è solo coll' aria artificiale che possiamo eliminare la pressione meccanica segnata dal barometro, per studiare isolati gli effetti chimici dovuti alla mancanza dell'ossigeno. È noto che su 100 volumi di aria, 20,78 sono di ossigeno e 79,22 di azoto (più brevemente si dice che l' aria contiene 21 di ossigeno e 79 di azoto).

Riempita con limatura di rame, una canna di ferro simile a quella di un fucile, la si riscalda fino a che diventi rossa. Dopo facendovi passare dentro una corrente di aria, l'ossigeno si combina col rame, e dalla canna esce azoto puro, il quale si raccoglie in un gasometro simile a quello che si vede nella fig. 58.

Prima di tentare l'aria artificiale sull'uomo, feci alcuni sperimenti sugli animali. Ne riferisco uno per accennare come si modifichi la vita nell'aria estremamente rarefatta, quando il barometro segna solo 16 centimetri.

Febbraio 1895. Pressione barometrica 743 mm. Temperatura 16°. Un piccolo cane il quale pesa 2500 grammi, viene messo sotto una grande campana di vetro come quella della fig. 56. Essendo abituato a queste esperienze si cuccia sopra un asciugamani, e sta accovacciato come se volesse dormire. Dopo circa 10 minuti che sta immobile, conto di seguito i movimenti del respiro ogni minuto per un quarto d'ora:

16, 17, 16, 18, 16, 16. 17, 16, 19, 16, 15, 15, 14, 15, 14.

Dopo produco una rarefazione dell'aria fino a che la pressione interna sia solo 334 mm. la quale corrisponde ad un'altitudine di 6571 metri. Il respiro diviene più frequente e alquanto più forte. Il cane si è alzato in principio e dopo tornò ad accovacciarsi mettendo il muso presso la coda, come fanno i cani quando vogliono dormire. La frequenza del respiro dopo essere aumentata, quando il cane si mosse, tornò a scemare e contando per un quarto d'ora di seguito ottengo i seguenti numeri ad ogni minuto:

18, 20, 21, 25, 20, 26, 20, 18, 19, 20, 26, 22, 24, 23, 24.

L'animale è tranquillo e sembra dormire. Aumento la depressione per produrre nel cane uno stato che rassomigli di più al male di montagna. Si arriva a 243 mm. che corrispondono ad un'altezza di circa 8500 metri.

Un contatore messo all'entrata dell'aria, indica che penetrano ogni minuto 5 litri d'aria sotto la campana e questo è sufficiente perchè l'aria si mantenga pura. Il cane torna ad alzarsi dando segno di malessere e di stanchezza, poi torna ad accovacciarsi. Respiro 26, 26, 25, 41, 42. L'animale è sofferente, cerca di alzarsi, ma non può. Respiro irregolare, 38 al minuto, poi 25. Contrae gli angoli della bocca nell'inspirazione.

Continua la rarefazione dell'aria fino a 250 mm., in modo che siano levati due terzi della pressione barometrica:

Respiro 21, 22, 23, 24, 32, 37, 41, 39, 44, 40, 40. 38, 36.

Facciamo ancora scemare la pressione fino a 162 mm. Respiro 37 al minuto. Il cane ha un accesso di convulsioni. Perde orina. Respiro 106, 69, 70. Succede un nuovo accesso, l'animale estende con forza le estremità. Respiro profondo, defecazione. L'animale grida. Dopo altri due minuti, vedendo che il respiro è meno forte e rallentato, gli do aria, perchè temo soccomberebbe. Il cane si rimette subito.

Il cane messo in terra cammina male; ha le gambe insensibili. In 3 o 4 minuti riprende il suo aspetto normale.

Esperienza coll'aria artificiale.

Prepariamo 300 litri di aria artificiale corrispondente alla pressione barometrica di 162 mm. Con apparecchi appositi fatti secondo il metodo dell'Hempel, facciamo le analisi dell'aria contenuta nel grande gasometro e ci assicuriamo che essa contiene solo 4,5 di ossigeno per 100, invece di 21.

Il giorno successivo alla stess'ora mettiamo nuovamente il cane sotto la campana di vetro e contando ogni minuto troviamo i numeri seguenti per il respiro:

15, 14, 14, 15, 14, 15, 14, 14, 15.

Assicuratici che tutto è in ordine, apriamo la chiavetta del gasometro, e l'aria artificiale, perchè non giunga immediatamente sotto la campana la facciamo attraversare una grossa boccia della capacità di 6 litri, come quella che si vede nella fig. 58. La circolazione dell'aria sotto la campana era tale che passavano 4 litri al minuto, come misuriamo per mezzo di un contatore.

Quando ci sembra che tutta l'aria sia rinnovata e che il cane respiri realmente un'aria la quale contiene tanto ossigeno quanto ve ne può essere, per un volume eguale, all'altitudine di 16 centimetri del barometro, vediamo che la respirazione del cane diviene sempre più frequente e più ampia, come risulta da questi numeri scritti successivamente con tando ogni minuto:

17, 18, 20, 23, 30, 41.

La respirazione è tanto difficile che l'animale muove l'angolo delle labbra, tutte le volte che respira. Sta accovacciato cogli occhi chiusi, e di quando in quando sospira. Poi succede un accesso di convulsioni. Grida, si alza barcollando, e perde l'orina. Dopo 1 minuto sembra star meglio, è assopito. Fa 82 respirazioni, poi 70, 69 al minuto.

Alla distanza di 8 minuti dal primo accesso di convulsioni ne scoppia un altro.

L'animale grida e stende le gambe in contrazione tetanica. La lingua pende fuori della bocca più pallida, e leggermente cianotica. L'animale sembra privo di coscienza. Succedono ancora due accessi di convulsioni, alla distanza di un minuto l'uno dall'altro; il cane grida e perde le feci. Respiro irregolare, circa 80 movimenti al minuto.

Dopo mezz'ora che il cane respirava quest'aria artificiale si sospende l'esperienza.

Ritornato alla pressione ordinaria il cane non si alza subito; però le condizioni sue sono già migliorate. Messo in terra si regge sulle gambe, però cammina male e si capisce dal modo come poggia le dita che ha le gambe insensibili.

Nell'*aria artificiale* si producono per la rarefazione sua i medesimi effetti che abbiamo osservato, quando diminuisce la pressione barometrica. Si può dunque conchiudere che non è l'azione meccanica, o il peso diminuito dell'atmosfera, che produce il male di montagna, ma è la rarefazione sua, la quale opera in senso chimico sul ricambio della materia nel sistema nervoso.

VI.

Favre Emanuele è un ragazzo di 13 anni che venne a Torino dalla Savoja per farsi curare dal prof. Carle nell'ospedale mauriziano. Mentre aiutava il suo padrone a spaccare della legna in una foresta presso Bramant, e porgeva egli stesso i rami alla scure che cadeva sopra di un ceppo: l'ascia del padrone, essendosi il ragazzo piegato troppo all'innanzi, lo colpì sulla testa. Caduto a terra esanime, ricuperò poco dopo i sensi e potè ritornare a casa facendo parecchi chilometri sorretto sotto le ascelle.

Quando vidi questo ragazzo era quasi guarito, rimanendo ancora pulsante la larga fenditura del cranio. Gli applicai una calotta di guttaperca che con della vasellina chiudeva ermeticamente i bordi della ferita. Un tubo di gomma, come si vede nella figura trasmetteva per mezzo dell'aria i movimenti del cervello ad un timpano registratore. Vedendo che ottenevansi dei tracciati molto belli della circolazione sanguigna nel cervello, pensai di studiare le modificazioni che si producono nel cervello quando respiriamo dell'aria che contiene solo la metà di ossigeno.

Presi un grande gasometro, quale si vede nella figura 58, vi feci penetrare dentro 300 litri di aria e poi vi aggiunsi 300 litri di azoto preparato levando l'ossigeno all'aria col rame incandescente. Ogni litro di quest'aria artificiale conteneva la metà di

ossigeno che contiene l'aria comune. Respirando quest'aria si introduceva nei polmoni la stessa quantità di ossigeno, che si troverebbe nell'aria a metà atmosfera, ossia all'altitudine di 5520 metri. Quest'esperienza destava vivamente la nostra curiosità, perchè ci permetteva di scindere l'azione chimica dall'azione meccanica nello studio del male di montagna. Non vi è difatti altro modo per levare di mezzo la depressione barometrica e ridurre a metà



Fig. 58. — Favre Emanuele.
Registrazione del polso cerebrale durante la respirazione con aria artificiale.

la razione di ossigeno che respiriamo. Fu appunto per questo che sebbene fossero lunghe le manipolazioni per riempire il grande gasometro di aria artificiale, ciò nullameno si preparò tanto azoto da riempirlo due volte e fare sul ragazzo Favre tre esperienze con aria artificiale.

Perchè non respirasse subito l'aria con metà ossigeno, intercalai due boccie grandi piene di aria, una delle quali si vede nella figura 58. Qui cominciava a mescolarsi l'aria artificiale, che diven-

tava successivamente sempre meno ricca di ossigeno, a misura che l'aria normale veniva cacciata fuori da quella del gasometro che conteneva solo metà di ossigeno.

Per mantenere la corrente dell'aria artificiale bastava il peso della campana di zinco: l'aria per mezzo di un grosso tubo a forchetta, penetrava dalla grande boccia sotto la maschera di guttaperca fatta espressamente sulla faccia del giovane Favre. Con del mastice da vetrai la maschera chiudeva ermeticamente intorno alle ossa del naso, sulle guancie e sotto il mento. Una fascia legata dietro l'occipite teneva in posto tale maschera, come si vede nella figura 58. L'aria espirata usciva a traverso un grosso tubo di gomma lungo parecchi metri il quale compare sulla tavola. Con questo metodo avevo abolito le valvole, mantenendo una corrente costante dell'aria artificiale nel tubo che dal gasometro portava l'aria nella maschera, ed avendo una boccia di lavaggio per conoscere con quale rapidità uscisse l'aria dal gasometro, ero sicuro che nella inspirazione solamente dell'aria artificiale poteva penetrare nei polmoni.

Quest'apparecchio aveva il pregio di funzionare sotto una pressione quasi nulla. Ogni esperienza durava circa mezz'ora.

La linea superiore della fig. 59 è il polso normale del cervello scritto con un timpano. Favre respirava 12 volte al minuto; gli avevamo detto che facesse segno colla mano quando voleva finisse l'esperienza e noi avremmo cessato subito. Questa che riferisco fu la terza ed ultima esperienza; sapendo egli di cosa trattavasi viene esclusa in grande parte l'emozione della paura. Quando comincia a respirare l'aria artificiale succede un aumento leggero nel volume del cervello e dopo qualche minuto compare una diminuzione. La seconda linea della fig. 59 fu scritta in questo secondo periodo della diminuzione di volume del cervello poco prima che cessasse la respirazione dell'aria artificiale. Quando appena finita questa linea gli levammo la maschera, Favre ci disse che era come ubbriaco, che le orecchie non sentivano bene come prima, perchè gli fischiavano, e che aveva male di capo.

È succeduto in questa esperienza coll'aria rarefatta il medesimo aumento nella frequenza dei movimenti del cuore, e la medesima diminuzione nei movimenti del respiro, che succede nell'aria rarefatta della camera pneumatica: dove in principio per effetto della depressione il respiro si accelera e dopo si rallenta. Infatti mentre che normalmente il respiro di Favre era 12 a 13 in un minuto, scese a 10 ed 11 durante la respirazione dell'aria artificiale. A primo aspetto sembra un paradosso, perchè essendo diminuita di metà la razione di ossigeno che respira questa per-

sona, dovrebbe diventare doppia la frequenza dei movimenti respiratori. Questo però non lo verificammo neppure sul Monte Rosa (come è detto nel capitolo terzo).

Nè può credersi che i movimenti del respiro fossero più forti; me ne assicurai guardando il torace: e lo si può vedere nella fig. 59, guardandola di fianco per scorcio. Nella parte superiore le pulsazioni formano come un festone, che risponde al ritmo della respirazione. Tale influenza che si vede chiaramente nella prima linea del tracciato normale, manca nella seconda linea tanto era superficiale il respiro. Questo è importante perchè ci dimostra che l'aria quando contiene meno ossigeno agisce deprimendo. Non giova dunque che l'ossigeno sia ridotto a metà per rinforzare l'azione del centro respiratorio, che anzi questo centro funziona meno attivamente nell' aria artificiale.

La linea superiore della fig. 59 verso il mezzo ha una pulsazione cerebrale che si abbassa improvvisamente, e le successive ritornano poco per volta all'altezza primitiva. Questo fu l'effetto

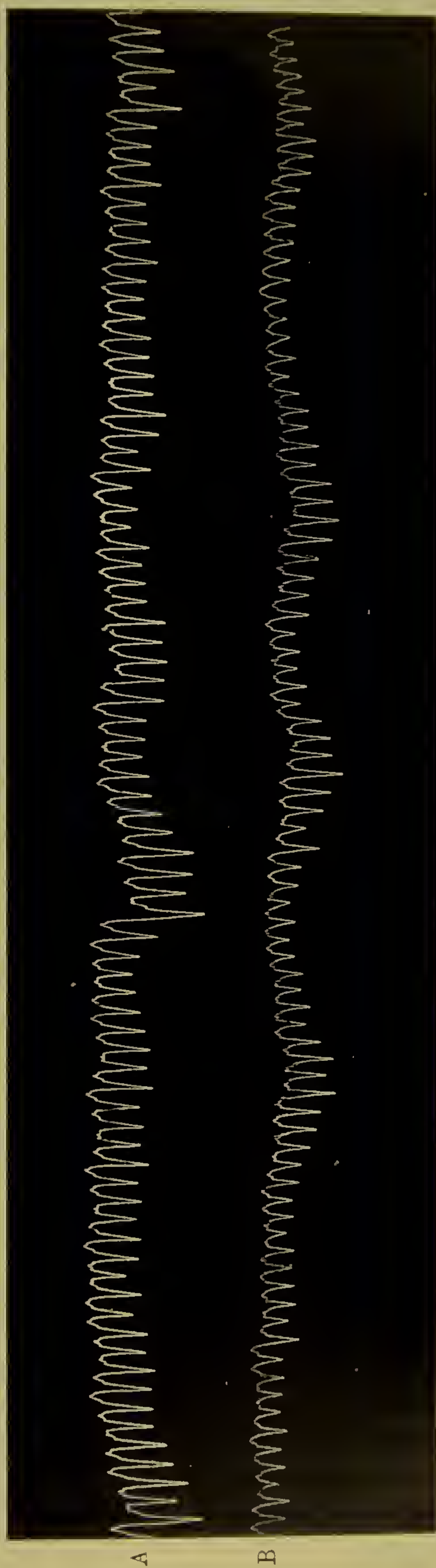


Fig. 59. — Circolazione del sangue nel cervello di Favre.
A) Tracciato normale. — *B*) Tracciato scritto durante la respirazione dell'aria artificiale quando cominciano le vertigini.

di aver deglutito la saliva, come ciascuno fa spesso; del resto tutte le pulsazioni sono eguali presso a poco. Quando però Favre respira l'aria artificiale vediamo che per quattro volte si formano delle onde nelle quali le pulsazioni divengono maggiori. Il profilo inferiore della seconda linea nella fig. 59 si abbassa formando come un festone. Tali variazioni dipendono secondo ogni apparenza da un mutamento succeduto nella tonicità dei vasi sanguigni. Nella fig. 27 abbiamo già veduto che i vasi sanguigni sulla vetta del Monte Rosa erano più irrequieti che in basso; qui vediamo ripetersi lo stesso fenomeno per i vasi sanguigni del cervello. Il cuore si è fatto più debole, e le pulsazioni del cer-

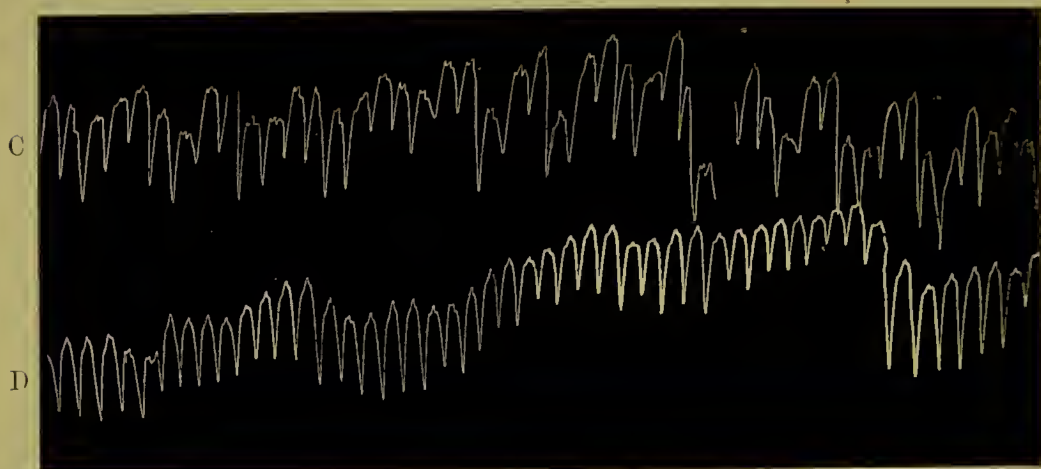


Fig. 60. — Continuazione dell'esperienza su Favre.
C) Polso del cervello appena cessò di respirare l'aria artificiale. — *D)* Tracciato scritto 2 minuti dopo.

vello sono meno alte durante la respirazione dell'aria artificiale. Mancano però gli indizi della paralisi nei vasi cerebrali che osservammo in Lasagno ad una depressione barometrica poco diversa.

La fig. 60 rappresenta il polso cerebrale di Favre subito dopo che gli levammo la maschera, quando egli ci aveva fatto segno di finire. La respirazione è divenuta profonda, e nei 12 movimenti inspiratorii che fece durante la prima linea si vede che il volume del cervello diminuisce ad ogni inspirazione e cresce nella espirazione successiva. Dopo circa un minuto il respiro è ritornato normale, scompare l'effetto del respiro sulle pulsazioni del cervello, e quest'organo, come si vede nella seconda linea della fig. 60, aumenta rapidamente di volume.

L'altezza maggiore delle pulsazioni cerebrali, quale si vede in quest' ultima linea, dimostra che vi fu un disturbo della nutrizione nel cervello durante l'azione dell'aria artificiale.

Le pulsazioni più forti, quali le sentiamo in un dito, per esempio, dopo che ricevette un colpo, sono dovute alla irrigazione più attiva che subito si stabilisce in qualunque parte del corpo venga fatta una lesione. Un fenomeno simile l'osserviamo qui nel cervello per rimediare alla fame di ossigeno ed alla inanizione cui fu sottoposto il cervello coll' aria artificiale.

In entrambe queste persone il cuore batteva più rapidamente quando le mettemmo in condizioni simili a quelle che producono il male di montagna. Tale aumento di attività essendo contemporaneo ad un rallentamento nella funzione respiratoria, è probabile dipenda da una paralisi del nervo vago, perchè quando stiamo bene, se il cuore si mette a battere più frequente, anche il respiro diviene più attivo: qui invece succede l'inverso.

Guardando i tracciati scritti nel momento che queste due persone accusavano di sentirsi male, nessuno che abbia pratica di simili studi sulla circolazione del cervello, oserebbe affermare che i mutamenti osservati nel polso cerebrale, possano essere la causa del malessere prodottosi. La conclusione è questa, che le modificazioni caratteristiche osservate nella sensibilità, nell'intelligenza e nel moto, di quanti fecero delle ascensioni aerostatiche, o sui monti, non possono spiegarsi ammettendo l'esistenza di una anemia, o di una congestione del cervello. Il sangue circola in quantità sufficiente nel cranio e in modo poco diverso dal normale fino all' altezza di 5520 metri.



Alpe Lavez in Val di Gressoney, dove ebbe il Laboratorio il prof. Piero Giacosa dal 1894 al 1896 (altitudine 2450 m.).

Capitolo Diciannovesimo.

Il sonno nelle ascensioni. Esperienze sulle scimmie e sulle marmotte.

I.

" Je dormais en marchant, quelqu'effort que je fisse pour me tenir éveillé: un des deux guides éprouvait le même effet „[1]. Tale era lo stato del fisiologo Le Pileur attraversando l'altipiano al sud del Breithorn, vicino ai 3600 metri. Bravais e Martins furono presi da un bisogno invincibile di dormire all'altezza di 3800 metri sul Monte Bianco. Anche Lortet dice di aver quivi dor-

[1] Le Pileur, *Mémoire sur les phénomènes physiologiques qu'on observe en s'élevant à une certaine hauteur*. Paris, 1845, pag. 35.

mito camminando. Il prof. Forel di Lausanne soffrì il sonno a 3400 m. sul colle del Gigante: quando era vicino a raggiungere il colle, mancandogli solo un quarto d'ora di cammino, dovette fermarsi e dormire sulla neve, malgrado il pericolo. Potrei citare altri esempi presi come questi dagli scritti dei fisiologi, ma è inutile cercare nuove testimonianze.

Scendendo dal Monte Rosa m'incontrai una volta, ai piedi della punta Dufour, in una carovana che veniva su da Zermatt. Fermatomi a discorrere colle guide, seppi che uno degli alpinisti le metteva in imbarazzo pel gran dormire. Interessandomi il caso, mi presentai a quel signore e vidi che era più seccato che scoraggiato. Aveva una boccettina che fiutava e mi disse che nei primi giorni soffriva sempre di sonnolenza, giunto ai 3000 metri, ma che l'ammoniaca bastava a tenerlo desto. Le guide mi raccontarono che vicino ai crepacci e dove c'erano dei pericoli, camminava meglio, perchè subito destavasi, ma che appena la neve era buona, cominciava a restar indietro, a farsi trascinare colla corda, ad aver le gambe avviluppate, e che poi usciva fuor di strada come ubriaco e cadeva senza svegliarsi.

In generale può dirsi che a grandi altezze il sonno è meno continuato, ma può essere egualmente profondo. Solo rare volte mi capitò di dormire tutta la notte senza svegliarmi; però è vero che nelle capanne bisogna dormire in molti sulle medesime tavole di legno e che i movimenti di uno svegliano gli altri. Mio fratello dormiva così duro sul Monte Rosa, che anche dei rumori forti non bastavano a svegliarlo; una volta si cambiò la materassa accanto a lui, si fece un trambusto grande nel piano sopra la sua testa, ed egli non si svegliò; ma poco dopo, malgrado che il suo sonno fosse stato così profondo, si sedette in fretta e disse che gli mancava il fiato. Un'altra prova è che la gente russa più forte. Le persone coricate di fianco russano meno. Nella posizione dorsale il russare è più arrantolato, perchè il velo pendolo e l'ugola cadono sulla parte posteriore del faringe. Il rilassamento dei muscoli prodotto dal sonno, restringe lo spazio per il quale deve passare l'aria che va al naso; nasce allora quella respirazione rumorosa prodotta dalla vibrazione del palato molle; quel suono lento e terribile che rattrista le notti nelle capanne alpine. Alcuni miei compagni che russavano, li sentii russare molto più forte nella capanna Regina Margherita che non nella capanna Gnifetti, o negli accampamenti più in basso.

Il russare dipende da ciò che la lingua nel sonno cade per proprio peso e scende più in basso nelle fauci. Come nel dormiente sono rilassate le braccia e cadono, così la lingua che è un mu-

scolo assai voluminoso va giù nella gola, quando ci addormentiamo.

Il proverbio dice che nessuno si accorge di russare, ma non è vero. Io non russo generalmente, se sto coricato di fianco, ma mettendomi sul dorso, posso russare e sentire qualche volta il momento nel quale comincio a russare. Questo mi capita d'estate, quando nel pomeriggio sono preso dal sonno. Stando tranquillo poco per volta perdo la coscienza; nel momento che sento il suono del russare, mi sveglio e mi accorgo che erano venute nella mente nuove imagini, le quali non avevano alcun nesso coi pensieri di prima: ciò vuol dire che dormivo. Ho misurata la velocità colla quale si producono tali periodi, e vidi che intercedono appena 2 o 3 minuti fra l'uno e l'altro. Queste osservazioni nella pianura non mi riesce sempre di farle. Invece nelle capanne sulle Alpi, quando mi corico sul dorso per dormire, subito mi prende questa molestia della respirazione russante. La fatica contribuisce certo a produrre questa diminuzione del tono muscolare, la quale compare colla cessazione della coscienza.

II.

" Il dio del sonno fugge tanto più rapido quanto più lo si invoca ardentemente. Credo che solo una volta o due toccò leggermente le mie palpebre. „ Così disse Tyndall poeticamente, ma tutti gli alpinisti sanno che la notte è la parte più prosaica delle ascensioni. Nei rifugi alpini quando sono parecchie comitive insieme, si dorme male. Il rivoltarsi e il sospirare continuo che dà l'insonnia, il russare, l'aria corrotta che mozza il fiato, e gli odori che mandano tanti uomini confusi e distesi sul tavolato, lasciano spesso una triste ricordanza.

Il bivacco all'aperto è più poetico e più bello. Chi ha dovuto dissodare il terreno colla picca per farsi un letto più soffice, e si ritirò nel cavo di un macigno per proteggersi dal vento, e sentì il caldo delle pelli lanose, o dalle coperte cucite in forma di sacco mise fuori la testa per contemplare le stelle scintillanti, o la luna che inargentava le vette delle Alpi, ricorderà sempre l'emozione di quelle notti, le più felici della giovinezza[1].

[1] Alcuni alpinisti si resero celebri pei loro bivacchi. Vedi ad esempio: *Bivouacs dans les Alpes françaises.* Paul Guillemin et André Salvator de Quatrefages. Annuaire du Club Alpin Français, 1878. Essi bivaccarono per un mese sulle Alpi tra la frontiera d'Italia e di Francia.

Gli alpinisti celebri dormono poco nelle ascensioni. Il senatore Perazzi mi raccontava che egli si riposò bene solo una volta e fu sul Cervino, nella vecchia capanna ora piena di ghiaccio e di neve: in essa aveva trovato un materasso di gomma e vi dormì sopra. Tyndall che legò per sempre il suo nome alla vetta del Cervino, ci lasciò il ricordo di una notte passata in quell'umile rifugio [1].

"Un amatore della montagna, un benefattore del suo prossimo, aveva provveduta la capanna di un materasso di gomma elastica sul quale mi coricai, avvolto solamente da una leggera coperta, mentre che le guide e i portatori erano avvolti bene nelle loro pelli di montone. Questo materasso offriva un ben povero riparo contro la bassa temperatura della roccia. Sopportai questa sensazione di freddo per due ore, non volendo disturbare le guide, ma finalmente diventò insopportabile. Conosciuta la mia triste situazione quella brava gente si alzò, m'avvilupparono con delle pelli di montone e potei ristorarmi con una buona temperatura. Addormentatomi rapidamente, le guide preparavano già la colazione e la mattina era avanzata quando apersi gli occhi."

Più che di curiosità, è un sentimento di emozione che mi fa evocare questi ricordi che segnano i primi albori nella storia dell'alpinismo.

Il Monte Bianco ebbe già due scrittori che raccontarono la storia delle sue capanne, il Durier e il Vallot. Spero che presto qualche artista raccoglierà le ricordanze delle capanne sul Monte Rosa e sul Cervino che vanno rapidamente scomparendo. Io mi sono avvicinato sempre con rispetto a questi umili rifugi abbandonati fra le rupi, ricoperti di neve, o pieni di ghiaccio. È un sentimento poetico e quasi religioso che s'impone, quando contempliamo questi ultimi avanzi delle prime tappe che fecero coloro che hanno soggiogato le Alpi. Ma sfortunatamente vi sono degli alpinisti selvaggi che corrono a queste vecchie case dell'Alpe per bruciarle; in essi il bisogno di scaldarsi è superiore al rispetto per l'archeologia alpina.

Certo sarebbe utile che nello statuto per l'arruolamento delle guide, vi fosse l'obbligo per ciascuna comitiva di portarsi la legna che occorre per un bivacco. Tale prescrizione è necessaria perchè in montagna nessuno può dire come finirà la giornata. Quando arriva la tormenta, bisogna fermarsi nelle capanne, e se dura la burrasca, per scaldarsi non vi è altro scampo che bruciare le tavole, le panche e perfino le porte. Un fastello di legna con dentro un biglietto di visita che ricordi chi ebbe la fortuna di non es-

[1] J. Tyndall, *Hours of exercise in the Alps*, pag. 281.

sere obbligato a servirsi delle sue legna, è il ricordo più gradito che un alpinista possa lasciare ai suoi colleghi. La custodia del combustibile nelle capanne dovrebbe organizzarsi dalle sezioni e dalle guide, come uno dei mezzi più efficaci per tutelare la salute e la vita degli alpinisti.

III.

Nell'Hôtel Riffelberg, all'altezza del Colle d'Olen pochi dormono bene le prime notti. Io vidi il mio amico Sommier, noto pei suoi studi antropologici e i viaggi nella Lapponia, soffrire d'insonnia a soli 1200 metri. Arrivato a Gressoney Saint-Jean perdette subito il sonno, mentre a Firenze dormiva benissimo.

Non porto altri esempi di fisiologi come Zuntz e Lœwy che pure non dormirono bene appena giunti sul Monte Rosa, i quali attribuirono l'insonnia alla depressione barometrica, perchè stando all'albergo dell'Olen avevano tutti i loro comodi.

A queste osservazioni fanno contrasto quelle forse più numerose di persone che dormono meglio sulle falde delle Alpi che nella pianura. I registri degli appunti dove da molti anni scrivo la mia fisiologia alpina, sono pieni di note come questa, presa nelle ultime pagine:

“ Luglio 1895. A Torino prendo sonno con difficoltà, spesso devo aspettare un'ora, o due, prima di addormentarmi. Giunto a Gressoney la Trinità subito mi addormento appena sono in letto. La temperatura nella camera dove dormo, è di 13° a 15°, a Torino era tra i 24° e i 27°. „

A primo aspetto si direbbe che il freddo faccia dormire: ma allora come si spiega che d'estate quasi tutti proviamo nel pomeriggio una tendenza irresistibile al sonno? Quando di notte il sonno è meno profondo, si sonnecchia più di giorno; ecco la risposta.

Un leggero grado di caldo, o di fresco, fanno dormire meglio. Nei loro estremi tanto il caldo quanto il freddo impediscono il sonno. Una delle notti più tristi che abbia passate sulle Alpi, fu quando andai alla Roccia Melone. Dormii alla Cà d'Asti, a 2824 metri, che è la chiesa più alta d'Europa. Disgraziatamente avevo solo una coperta leggera e dovetti coricarmi sul mattonato. Cercai proteggermi con dei giornali messi sotto i vestiti attorno al torace, ma ebbi sempre freddo alle gambe e non mi fu possibile dormire.

Uno studio sui vari metodi per proteggersi dal freddo sarebbe

certo importante, ma non è qui il luogo di farlo. Zsigmondy, celebre alpinista, che fu privato docente di chirurgia nell'Università di Vienna, nel suo libro *I pericoli sulla Montagna,* ci lasciò una descrizione dei suoi bivacchi sul Monte Rosa.

Partito da Macugnaga per raggiungere la vetta del Rosa, dovette fermarsi a 2900 metri. Un sacco di pelle di foca gli servì come scaldapiedi, attaccandoselo sotto i ginocchi dopo essersi levato le scarpe; si legò un fazzoletto attorno al cappello sulle orecchie, e stette benissimo.

Di un altro bivacco fatto sul Monte Rosa, Zsigmondy lasciò questo ricordo: “ Il panierino da piedi non mi parve sufficiente quella sera, e ci avviluppammo i ginocchi colla corda, innovazione molto pratica. Secondo la nostra vecchia abitudine ci levammo il soprabito per servircene come coperta; si ha più caldo a questo modo, che tenendolo infilzato addosso. Il dorso comunica presto un po' di calore alla roccia, e uno si trova protetto da tutti i lati: mentre che negli altri modi, uno è preso subito dal freddo nelle mani e nelle braccia „ [1].

IV.

Noi siamo più sensibili dei cani e dei gatti alla rarefazione dell' aria. Se non avessi fatto delle ricerche sulle scimmie, avrei potuto credere che questo fosse l' effetto di una debolezza delle nostre cellule nervose. Qualche pessimista avrebbe anche potuto dire che questo sia il risultato di una degenerazione prodotta dalla civiltà. Ma la legge di questi fenomeni è un' altra e può enunciarsi in questo modo: “ Quanto più un animale ha il sistema nervoso sviluppato, altrettanto sente più l'azione dell'aria rarefatta, e si addormenta in essa più facilmente. „

Le scimmie hanno sofferto più dei cani e questi più dei gatti, e i gatti più delle marmotte, per depressioni eguali, quando furono messi sotto la campana pneumatica. Gli uccelli soffrirono meno dei conigli, dei porcellini d'India e dei topi. Le rane meno di tutti. Basta per ora enunciare questa legge senza svolgere nei particolari tutta una lunga serie di osservazioni che feci sugli animali di ogni specie che mi capitarono alle mani. Avverto però che in ogni specie trovai degli individui che soffrono più degli altri a pressioni relativamente basse.

Perchè l' uomo e le scimmie dormano più facilmente quando

[1] E. Zsigmondy, *Les dangers dans la montagne.* Paris, 1886, pag. 101.

diminuisce la pressione barometrica non saprei dire. Forse l'attività del cervello e l'attenzione loro sono maggiori, e più facilmente si alterano le condizioni del sistema nervoso. Forse, l'equilibrio della nutrizione è più instabile nelle cellule nervose, quando le funzioni loro sono più complesse. Forse, quando il cervello è più grande rispetto al corpo, è anche maggiore la quantità di scorie e di veleni che si producono e che non si possono distruggere od eliminare con sufficiente prontezza nell'aria rarefatta. Comunque sia, dobbiamo per ora contentarci di dire in modo vago che l'uomo e gli animali superiori sentono più intensamente la depressione barometrica.

Ho comperato tre scimmie (*Cercopithecus*) per studiare il male di montagna nelle ascensioni artificiali. Riferisco alcune esperienze fatte con esse per stabilire meglio un raffronto tra i fenomeni che presentano gli animali e quelli che presenta l'uomo, messi nelle medesime condizioni. Qualche volta prendevamo con noi le scimmie nella camera pneumatica, altre volte le mettevamo sotto la grande campana di vetro, rappresentata nella fig. 56, che ha la capacità di circa 60 litri.

Prima Scimmia.

30 gennaio 1895. — Pressione barometrica da 734 mm. a 320 mm.

Una scimmia domestica che aveva imparato a fare dei giuochi, e si lascia prendere in braccio tanto è buona, viene messa sotto la campana alle ore 2,5 pom. Dopo 10 minuti la pressione interna è solo più 430 mm. A questa rarefazione dell'aria, che corrisponde all'altezza del Monte Bianco, la scimmia sta attenta e si diverte colla coda. Si nota però che è meno vispa del solito.

Quando la pressione interna è 394 mm. la frequenza del respiro è diminuita. Fa solo 48 respirazioni al minuto, mentre alla pressione ordinaria di 734 mm. ne faceva circa 60. La scimmia sta seduta senza muoversi più, e guarda in terra distratta.

Quando la pressione è 320 mm. (corrispondente all'altitudine di 4837 metri), la scimmia chiude gli occhi e sonnecchia. Respira 42 volte al minuto. Di quando in quando apre gli occhi, ma le palpebre sembrano essersi fatte pesanti. Sta seduta colle mani fra le gambe e la testa bassa, nella posizione naturale del sonno. La respirazione è un po' irregolare, qualche volta si contano 50 respirazioni al minuto, altre volte solo 40. Di giorno non l'avevamo mai vista dormire. Toccando colla nocca delle dita la campana alza la testa, guarda istupidita e subito socchiude gli occhi e il capo torna a ciondolare fra le gambe.

Per essere sicuri che la corrente dell'aria era sufficiente al respiro, avevamo messo un contatore che misurava la quantità d'aria la quale penetrava nella campana. Nel tempo che era maggiore la rarefazione dell'aria passavano 16 litri di aria al minuto; ciò vuol dire che la razione di ossigeno sarebbe stata sufficiente non solo per una scimmia, ma per un uomo. Questa precauzione l'avemmo anche nelle esperienze seguenti.

Alle ore 2,35, vedendo che dorme sempre, mentre la pressione rimane costante a 4800 metri, sospendiamo la rarefazione dell'aria.

Aprii un poco di più il robinetto che dava accesso all'aria, e la pressione dell' aria cominciò a crescere, ma il manometro non era ancora sceso di un centimetro, che già la scimmia, svegliatasi, si mostrava irrequieta e come spaventata. Girò intorno alzando le mani e cadde come se fosse presa da un accesso di convulsioni. Levata dalla campana, continuava ad agitarsi come incosciente; messa in terra fuggì, ma i suoi movimenti erano incoordinati e sembrava fosse ubbriaca.

La medesima scimmia, essendosi abituata rapidamente alla rarefazione dell'aria, dobbiamo portarla pochi giorni dopo ad una pressione corrispondente a 6470 metri perchè si addormenti.

V.

La maggior parte degli uomini che sottopongonsi alla rarefazione dell'aria nelle camere pneumatiche, od entrano nei cassoni dove si comprime l'aria, quando si lavora sott'acqua, sono molestati da un dolore forte negli orecchi. Tale dolore dipende dalla pressione che fa esternamente l'aria sopra la membrana del timpano, quando non vi è una contropressione alla superficie interna dentro l' orecchio medio. Nelle tempeste succedono cambiamenti tanto rapidi e forti nella pressione barometrica, che alcuni si lamentano di un rumore negli orecchi. Anche nelle ascensioni vi sono degli alpinisti i quali si accorgono di sentire meno bene; per evitare tali incomodi basta chiudere il naso e la bocca e fare una espirazione forte, oppure deglutire la saliva, o bere.

Nelle scimmie l'aria esce facilmente dall'orecchio medio, quando viene rarefatta l'aria esterna, e per questo non soffrono nel salire. Ma quando scendono, cioè quando tornasi a comprimere l'aria, la tromba di Eustachio pare così fatta che non permette con eguale facilità all'aria di penetrare nell'orecchio medio. Di qui la pressione sulla membrana del timpano che viene spinta all'interno producendo gravi dolori, vertigini, ed accessi convulsivi.

Basta scendere molto lentamente perchè anche nelle scimmie non vi siano fenomeni nervosi gravi alla decompressione.

Seconda Scimmia.

9 febbraio 1895 - pressione barometrica da 737 mm. a 337 mm.

Ore 9,25. Messa sotto la campana alla pressione normale, fa 62 movimenti respiratori al minuto.

Ore 9,35. Comincia la rarefazione.

„ 9,38. Pressione 490 mm. Respiro 44 al minuto.

„ 9,40. „ 337 „ Respirazioni 50 alquanto più profonde, poi 46. La scimmia tiene gli occhi aperti, è accovacciata ed immobile. Dondola il capo e sbadiglia spesso.

Ore 9,42. Allunga il muso ed ha sforzi di vomito, poi vomita realmente.

Ore 9,43. Dorme. La pressione si mantiene costante a 337 mm. (corrispondente all'altitudine di 6476 m.). Respiro 66 in un minuto. Di quando in quando si piega talmente sul tronco che perde l'equilibrio e si raddrizza di per sè, come quando una persona sonnecchia.

Ore 9,45. Battendo colla nocca delle dita sulla campana si sveglia, guarda senza interessarsi a ciò che vede. Ha la faccia stupida.

Ore 9,47. Percotendo colla nocca la campana, non alza più il capo e non apre gli occhi. Respiro 68. Ha defecato senza muoversi. Si corica distesa sul fianco destro. Solo il diaframma si muove, il torace non sembra dilatarsi nel respiro. Volendo interrompere l'esperienza si apre alquanto la chiavetta per la quale penetra l'aria nella campana. Quando la pressione è cresciuta fino a 370 mm. la scimmia si sveglia; a 410 mm. si alza ed ha un accesso di convulsioni, dopo aver battuto due volte la testa contro le pareti della campana per fuggire.

Ore 9,58. Le si offre una mela; vorrebbe prenderla, ma non ha la forza di stare ritta.

Ore 10. Ha la gamba destra paralizzata e la trascina dietro.

„ 10,4. La scimmia si è completamente rimessa ed ha ripreso il suo aspetto normale. Il respiro è però ancora più lento che non fosse prima; fa solo 36 respirazioni al minuto.

VI.

La facilità grande colla quale le scimmie vomitano, quando diminuisce la pressione dell'aria nella campana pneumatica, prova che il male di montagna non dipende da disordini nella digestione, come credono la maggior parte degli alpinisti. Potrei fare una lista di malattie nelle quali il vomito dà grande molestia,

mentre lo stomaco è sano e vuoto. Tutte le cause che disturbano la circolazione e la nutrizione del cervello possono produrre il vomito. Spesso sta nel sangue la causa della nausea e degli accessi di vomito. Quando, per esempio, i reni si infiammano e cessano di funzionare bene, uno dei primi sintomi che avverte il medico che il sangue comincia ad avvelenarsi coll' urea, è il vomito che compare a digiuno. È probabile che sia pure un avvelenamento del sangue la causa del vomito nella fatica, perchè iniettando il sangue di un animale affaticato ad un cane normale, ho veduto prodursi il vomito.

Il vomito è un segno caratteristico dell'angina di petto. Quando, durante un accesso, il polso diventa frequente e più debole e gli ammalati impallidiscono e sentono l'oppressione del respiro, come nel male di montagna, quasi sempre compare il vomito.

La ragione per la quale questi fenomeni si associano dobbiamo cercarla nella vicinanza e nello stretto rapporto che hanno nel midollo allungato il centro del respiro, del vomito, dei nervi vasomotori e dei nervi cardiaci. Basta tastare il polso ad una persona che ha preso l'emetico, per sentire che cambia la frequenza di quando in quando, e si accelera tutte le volte che incomincia il vomito. Variazioni simili abbiamo osservate nel polso alla Capanna Regina Margherita, anche senza che vi fosse il vomito come primo fenomeno della depressione barometrica. È probabile che siano dunque queste le stesse cause che producono il vomito nel male di montagna. Una di queste cause è centrale; essa consiste nella depressione dei centri nervosi; l'altra è periferica, e consiste nell'incipiente paralisi dei nervi dello stomaco. I cani, i gatti, le marmotte e specialmente le scimmie vomitano tutte le volte che si mettono nell'aria rarefatta sotto la campana pneumatica. La causa del vomito in questi casi, come nel male di montagna, credo che sia dovuta alla paralisi del nervo vago; infatti tagliando questo nervo si produce un vomito persistente.

Terza Scimmia.

28 gennaio 1895. — Pressione barometrica da 733 mm. a 330 mm.

Una scimmia maschio, messa sotto la grande campana di vetro alle ore 2,58, respira da 56 a 60 volte in un minuto.

Ore 3,4. Comincia la rarefazione dell'aria sotto la campana.

Ore 3.15. Pressione 370 mm., corrispondente all'altitudine di 5732 m. Il scimmiotto sta bene, lecca il grasso che chiude intorno la campana sulla lastra di marmo. Respira 36 volte in un minuto.

Ore, 3,20. Pressione 330 mm. (eguale all' altezza di 6643 metri).

Non dorme, si regge meno bene sulle gambe. Allunga il muso, come quando gli viene voglia di vomitare. La tinta rossa delle labbra non è cambiata, manca il colore azzurrognolo caratteristico del male di montagna, che spesso si vede anche nelle scimmie. Respira 40 volte in un minuto.

Ore 3,25. Sforzi di vomito e vomito. Rimangia subito la cosa vomitata. Si regge male sulle gambe e cade mentre vomita un'altra volta.

In questa scimmia non mi è stato possibile produrre il sonno, anche diminuendo di più la pressione. La scimmia diventava immobile ed apatica. Vi sono fra le scimmie, come fra gli uomini, delle differenze grandi tra un individuo e l'altro, e questo lo si vede bene negli esperimenti che ho riferito.

Anche nelle scimmie osservammo quanto verificasi nell'uomo per la depressione barometrica, che cioè cresce la frequenza del polso e diminuisce la frequenza dei movimenti respiratori.

Nelle ascensioni, quando l'affanno diviene così forte che si respira colla bocca aperta, la siccità delle fauci produce un'arsura della gola ed una sensazione molesta che può dare la nausea ed il vomito. Per ciò nelle ascensioni dobbiamo cercare di tenere umida la bocca, quando per effetto della fatica comincia a diminuire la secrezione della saliva. La paura che un pizzico di neve, o un pezzetto di ghiaccio, possa nuocere, è esagerata. A me per lo meno, ed a' miei colleghi, non fece male mai, e credo preferibile questo metodo a quello di bere dalla fiaschetta un po' di liquido alcoolico tutte le volte che uno si sente la bocca asciutta.

VII.

Riconosciuto che l'aria rarefatta produce il sonno, bisognava cercare se i narcotici agiscano più intensamente nell' aria rarefatta. Una piccola dose di morfina, ad esempio, che da sola è incapace a produrre il sonno alla pressione ordinaria, invece lo produce quando diminuisce la pressione barometrica.

Riferisco una di queste esperienze.

Azione della morfina su di una Scimmia.

2 aprile 1895. — Pressione barometrica da 733 mm. a 340 mm.

Alle ore 2 si mette la scimmia sotto la campana. Respira 33 volte al minuto.

Ore 2,10. Pressione 340 mm. (corrispondente all' altitudine di 5232 metri). La scimmia sta accoccolata, fa 34 respirazioni al mi-

nuto. Di quando in quando allunga il muso come per nausea, e poi ha uno sforzo di vomito.

Ore 2,12 Si interessa ancora a ciò che succede intorno, ma ha l'aspetto abbattuto e a tratti socchiude gli occhi. La scimmia sta accovacciata colla testa fra le ginocchia. Respira 30 volte al minuto. Il tronco oscilla mentre dorme, di quando in quando muove leggermente le orecchie.

Ore 2,16 La pupilla sembra più ristretta di prima. La scimmia non si è ancora mossa dalla sua posizione. Di quando in quando dorme più duramente e la testa si curva più in basso fra le gambe.

3 aprile 1895. — Pressione barometrica da 734 mm. 339 mm.

Ore 2,15. Si mette la scimmia sotto la campana, dopo averle iniettato 5 milligr. di morfina sotto la pelle della coscia.

Ore 2,25. Pressione interna 339 mm. (corrispondente all'altitudine di 5171 metri). Comincia ad allungare il muso per nausea, sbadiglia, appare più depressa che nel giorno precedente.

Ore 2,37. Respira 36 volte al minuto, compaiono gli sforzi di vomito. Negli intervalli socchiude gli occhi.

Ore 2.45. Dorme bene. Respira 26 volte al minuto. Vomita ancora, ha l'aspetto sofferente. Cade su di un lato. Respira con affanno 66 volte al minuto. Rilassamento generale dei muscoli. Faccia agonizzante. Non apre gli occhi, nè si muove, qualunque rumore si faccia battendo sulla campana

Ore 2,56. Si apre la chiavetta dell'aria in modo che ritorni lentamente alla pressione normale. Il grave sopore cessa. Levata dalla campana, la scimmia nel primo momento che trovasi a terra, cammina incerta, ma poco dopo riprende il suo aspetto naturale.

È dunque dimostrato che una piccola dose di morfina, la quale da sola non basta per produrre il sonno, diviene causa di fenomeni gravi, associata alla depressione barometrica. Se gli effetti della morfina e dell'aria rarefatta si sommano, è segno che hanno un'azione identica.

VIII.

Perchè il male di montagna è più grave di notte? Tschudi, Pöppig, e molti altri che viaggiarono nelle regioni più elevate della terra, avevano già notato questo fatto, e credo siano pochi gli alpinisti che dormendo a grandi altezze non siansi svegliati qualche volta molestati da un senso di malessere.

Lœwy[1] dice che nel sonno i movimenti del respiro si fanno irregolari, e che essendo meno attiva la ventilazione dei polmoni, la diminuzione negli alveoli polmonari della tensione dell'ossigeno, basta a spiegare il malessere che si manifesta di notte sulle montagne. Le osservazioni che io feci sul Monte Rosa intorno alla respirazione, e i tracciati riprodotti nel capitolo terzo, misero in evidenza un'alterazione così profonda ed insolita dei movimenti respiratorii durante la notte sulle montagne, che non possiamo più ricorrere alla deficiente ventilazione dei polmoni per spiegare il senso di oppressione e l'affanno, perchè il mutamento del respiro è già l'effetto e non la causa dei fenomeni che qui vogliamo studiare.

Vi è una rassomiglianza fra l'esperienza precedente della iniezione di morfina, che aggrava i fenomeni dell'aria rarefatta nelle scimmie, e l'origine del sonno. Per mezzo di queste esperienze ho capito che l'attività minore dei centri nervosi la quale si produce ogni giorno nel sonno, agisce nel medesimo senso della depressione che l'aria rarefatta produce nella vitalità dei centri nervosi, tanto che i due effetti si sommano ed aggravano le condizioni nostre.

Se il male di montagna dipendesse dalla mancanza di ossigeno, si dovrebbe star meglio quando il sonno è profondo, perchè nel sonno si rallentano i processi chimici e si ha meno bisogno di ossigeno[2]. La contraddizione esistente tra le vecchie teorie ed i fatti ora accennati, prova che si deve abbandonare la teoria di P. Bert, il quale considerava il male di montagna come una semplice forma di asfissia, od un avvelenamento dovuto all'acido carbonico del sangue[3]. Io credo invece che dell'acido carbonico ve ne sia meno nel sangue a grandi altezze, e che la causa fondamentale del male di montagna sia una diminuzione nell'attività chimica del cervello e del midollo spinale.

Il sonno è il sintomo più comune e più costante nel quadro dei fenomeni col quale si rivela la depressione nella vitalità dei centri nervosi. Anche il freddo quando è forte produce il sonno.

Chi si lascia sopraffare dal sonno sulle Alpi e si abbandona al riposo nel gelo, muore inevitabilmente. Bisogna aver paura del sonno, quando si è in alto. Appena compaiono i primi sin-

[1] A. Lœwy, *Untersuchungen über die Respiration und Circulation*, pag. 20.

[2] Vedi in proposito le esperienze di mio fratello. *Archives italiennes de Biologie*, Tome XXV, pag. 242.

[3] P. Bert, *Opera citata*, pag. 1044.

tomi del dormire, dobbiamo eccitare in tutti i modi il sistema nervoso per attizzare la fiamma della vita che incomincia a languire, e scuotere il corpo, perchè vengano bruciate le provviste che ancora rimangono per riscaldare gli organi e il sangue, perchè la circolazione si rinforzi, il cuore rimanga attivo e non si spenga col raffreddamento l'energia del sistema nervoso.

Il motto dei medici antichi che dove tende la natura bisogna seguirla, non è vero per il sonno che ci sorprende sulle Alpi. Si tratta qui di un difetto e non di una perfezione della nostra macchina. Il sonno naturale tende a ristabilire le forze stremate del cervello e dei muscoli, quello che ci sorprende nella tormenta e sui ghiacci, è un sonno morboso. Perchè non riesca fatale, occorre mantenersi in moto. Se uno supera con uno sforzo della volontà il primo inceppo delle gambe e il primo sopore della mente, svanisce la sonnolenza, e si torna a star meglio come se il calore interno sciogliesse un ostacolo.

Qui è il freddo che uccide. Il sonno prodotto dalla rarefazione dell'aria può invece considerarsi come un beneficio, e ciò abbiamo già veduto in Tissandier il quale nell'ascensione fatale dello Zenith si è salvato perchè cadde assopito prima degli altri.

Regnault e Reiset nelle loro celebri “ Ricerche chimiche sulla respirazione degli animali „ avevano già osservato che una marmotta in letargo può resistere lungo tempo in un'aria priva di ossigeno, nella quale morirebbe in pochi istanti quando fosse svegliata[1]. Un' esperienza non meno celebre è quella di Cl. Bernard[2], il quale chiudendo un uccello sotto una campana, vide che quantunque indebolito dalla mancanza di ossigeno, poteva resistere in essa parecchie ore, mentre l'aria era già tanto alterata che un altro uccello, messo improvvisamente con lui, moriva subito di asfissia.

Un'esperienza simile può farsi facilmente nella campana pneumatica mettendo insieme un cane ed un pollo. Se il cane, come succede spesso, si addormenta può diminuirsi la pressione barometrica fino a che non rimanga più che $1/6$ dell' atmosfera. Gli uccelli a questa pressione di 130, o 120 mm. generalmente muoiono, mentre il cane assopito non muore. Anche le anitre che si crederebbe siano gli animali più resistenti all'asfissia, muoiono prima dei cani, perchè non possono addormentarsi nell'aria rarefatta. Arrivano fino a depressioni fortissime senza presentare fenomeni inquietanti, poi improvvisamente aprono il becco, scuotono la

[1] *Annales de chimie et physique*, 1849, pag. 515.

[2] Cl. Bernard, *Leçons sur les substances toxiques*, 1857, pag. 126.

testa, e muoiono, senza che si arrivi in tempo a salvarle, dando loro subito un'aria più densa.

Il sonno è dunque un mezzo di scampo, che ci rende più resistenti all'azione dell'aria rarefatta.

IX.

Nell' accampamento presso l' Alpe Indra eravamo circondati dalle marmotte; e fino a 2800 metri incontrammo le buche delle loro case sotterranee. Coi fischi acuti ci salutavano dalle roccie deserte, dagli ultimi piani erbati della montagna, dove non crescono più neppure gli arbusti, dove le capre e nessun mammifero tenta più di salire. Fino d' allora m' era venuto il desiderio di studiare sotto la campana pneumatica questi rosicanti che col loro sonno invernale accrescono importanza alla fisiologia alpina. Non mi fu difficile procurarmi sei marmotte vive ed ora esporrò sommariamente alcune osservazioni che feci sopra di esse.

Le marmotte, quando dormono profondamente d'inverno, sono tanto insensibili, che tirando loro vicino un colpo di fucile non si svegliano; e se cadono a terra dall'altezza di un metro, non si muovono e neppure cambiano il ritmo del respiro. L'insensibilità loro è però meno grande nelle parti interne, e per i mutamenti della pressione barometrica si svegliano facilmente come lo aveva già dimostrato Valentin nei suoi studi classici sulla marmotta [1].

Dubois [2], crede che il sonno delle marmotte si generi per un eccesso di acido carbonico nel sangue. Egli formulò la sua dottrina sull'origine del sonno letargico con una parola che esprime bene il suo concetto: *autonarcosi per acido carbonico.*

Se fosse vera tale supposizione, dovrebbe essere facile produrre il sonno e l'insensibilità, respirando aria mescolata coll'acido carbonico. I tentativi fatti in questa direzione non ebbero alcun successo. Così pure non credo vera l'idea del prof. Gayet che il sonno abbia un centro speciale nel cervello; secondo me tale idea è contraria a quanto sappiamo fino ad ora intorno alla fisiologia del sonno. Ma non è questo il luogo per aprire una discussione su di un argomento che è forse il più oscuro della fisiologia. Sono obbligato a parlarne, perchè se esistesse l'autonarcosi del Dubois, sarebbe subito spiegata l' origine del sonno che ci

[1] G. Valentin, *Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere.* Moleschott's. Untersuchungen, I Bd., pag. 211.

[2] R. Dubois, *Physiologie comparée de la Marmotte*, Paris, 1896, pag. 253.

prende sulle Alpi. In fatti P. Bert aveva già notato che il sangue arterioso diventa sempre più povero di ossigeno nell'aria rarefatta, tanto che a 6500 metri ha già perduta quasi la metà di quanto ne aveva in basso, e per la composizione sua rassomiglia sempre più al sangue venoso quanto più si sale in alto.

Dubois, fidandosi delle ricerche di Valentin, ammise che la marmotta si sveglia quando si mette sotto la campana pneumatica, perchè il suo sangue perde l'eccesso di acido carbonico. Ripetendo tali esperienze in modo che la depressione fosse meno rapida, vidi che le marmotte non si svegliano anche per depressioni barometriche fortissime. Le marmotte quando d'inverno dormono profondamente respirano così poco che spesso in un minuto fanno una sola inspirazione, leggera, e tanto superficiale che appena si vede. Mettendo queste marmotte sotto la campana pneumatica bisogna avere attenzione che la temperatura ambiente non cambi e non ricevano scosse. Facendo agire lentamente la pompa pneumatica e lasciando sotto la campana una debole corrente in modo che l'aria si rinnovasse di continuo, sono riuscito a tenere per due o tre ore, delle marmotte nell'aria rarefatta alla pressione barometrica di 13 a 14 centimetri, cioè tra $^1/_5$ ed $^1/_6$ della pressione ordinaria, senza che si svegliassero. In generale queste marmotte, essendo la temperatura ambiente di 2° o 3° facevano solo due movimenti respiratori al minuto, dopo due ore che erano sottoposte a questa enorme depressione.

La cosa più importante è che le marmotte non si svegliano fino a che stanno nell'aria rarefatta, ma si svegliano invece (e spesso fanno dei movimenti vivaci e si mantengono per lungo tempo irrequiete) appena diminuisce la rarefazione e si ritorna alla pressione barometrica comune. Il fatto osservato nella circolazione sanguigna del cervello dell'uomo che i vasi sanguigni si dilatano più del normale quando si ritorna a respirare l'aria comune, dopo che fu diminuita per un certo tempo la razione dell'ossigeno, ci fece conoscere una reazione intima del sistema nervoso, e ci addita i mutamenti cerebrali che fanno svegliare le marmotte, quando cessa l'azione deprimente e paralizzante dell'aria rarefatta.

Mi sono convinto che lasciando solo $^1/_5$ della pressione barometrica, non scema per questo il sonno letargico delle marmotte. Il sangue venoso sotto tale enorme depressione deve contenere meno acido carbonico, perchè sappiamo che questo gas sta sciolto nel sangue: diminuendo la pressione barometrica il sangue ne terrà sciolta una quantità minore. La dottrina dell'autonarcosi non serve dunque per spiegare il letargo delle marmotte e neppure vale a spiegare il sonno nelle ascensioni.

X.

Le marmotte quando sono sveglie sono più sensibili di ogni altro animale alla rarefazione dell'aria. Questa è una delle osservazioni più curiose che io abbia fatto, e certo nessuno avrebbe sospettato che le marmotte, le quali in estate vivono più in alto di tutti i mammiferi, e che d'inverno resistono tanto al freddo e all'asfissia, sentano invece gli effetti di piccole depressioni barometriche che passano inavvertite pell' uomo, e gli altri animali. Vediamo prima i fatti e verranno dopo le parole e le ipotesi.

Esperienza sopra di una marmotta.

Maggio 1896. — Pressione 741. Temperatura ambiente 18°.

Una marmotta domestica del peso di 2400 grammi, che si lascia prendere in braccio e fa festa a quanti entrano nella sua gabbia, arrampicandosi su per le gambe, viene messa sotto la campana pneumatica alle ore 7,40. Si fa da sè stessa un giaciglio con degli asciugamani che si erano messi nella campana. Per mezzo della pompa si mantiene una debole corrente d' aria di 6 litri al minuto dentro la campana. La respirazione che nel principio era molto frequente, va rallentandosi. I seguenti numeri, scritti quasi senza interruzione ad ogni minuto, mostrano quanto sia grande l'influenza delle emozioni su questi animali e quale sia l'effetto dell'attenzione. Appena messa sotto la campana la marmotta aveva girato intorno dritta sulle gambe e dopo si era accovacciata; è da questo momento che cominciammo a contare il respiro: 66, 64, 60, 54, 56, 54, 55, 54, 45, 30, 28, 20, 18, 18, 18, 24, 24.

Alle ore 8,30 la marmotta aveva già preso l'atteggiamento per dormire, incurvandosi ad arco colla testa fra le gambe: 22, 20, 20, 18, 18.

Si sveglia alza la testa e poi riprende la posizione solita per dormire: 21, 15, 18, 20, 18, 16, 15, 16, 16, 15, 17, 17.

Si sveglia nuovamente: 20, 17, 17, 16, 15, 15.

Alle ore 9 si incomincia la rarefazione dell' aria, il barometro della campana, che fino a questo momento aveva segnato 30 mm. in meno della pressione esterna che era 741 mm., sale a 180. La pressione interna è dunque diminuita da 711 a 531; il che corrisponde ad una differenza in altitudine di 2324 metri.

In due minuti fu raggiunta questa pressione e dopo si mantenne

costante. La frequenza del respiro aumentò leggermente: 18, 21, 18, 19, 18, 19, 19, 20, 17, 19, 17, 18, 17.

Si muove, alza la testa e poi torna a dormire: 20, 19, 18, 19, 18, 19, 20, 19, 20, 20.

Ore 9,44. Vedendo che dorme sempre ritorniamo alla pressione di prima eguale a 711 mm.: 17, 16, 16, 16, 16, 15, 15, 16, 17, 15, 13; si sveglia e poi torna ad accovacciarsi: 14, 15, 13, 14, 16, 16, 15, 15, 14, 13. Il rallentamento del respiro è manifesto.

Ore 10,15. Si torna a rarefare l'aria fino a 531 mm. in due minuti: 18, 18, 17, 17, 17, 17, 17, 18, 17, 17, 17, 18, 17, 18, 19, 17, 16, 17, 17, 17, 18, 18, 19, 20, 19, 18, 18. Anche questa volta la rarefazione dell'aria (corrispondente a 2324 m.) produsse un aumento nella frequenza del respiro.

Alle ore 10,50 si torna lentamente alla pressione di 711 mm. e il respiro rallentasi: 17, 17, 16, 15, 15, 16, 15, 15, 14, 14, 14, 14, 13, 12, 13, 14, 13, 12, 13, 14, 13, 12, 12. Alzata la campana, la marmotta rimane immobile ed aggomitolata senza accorgersi di essere messa in libertà.

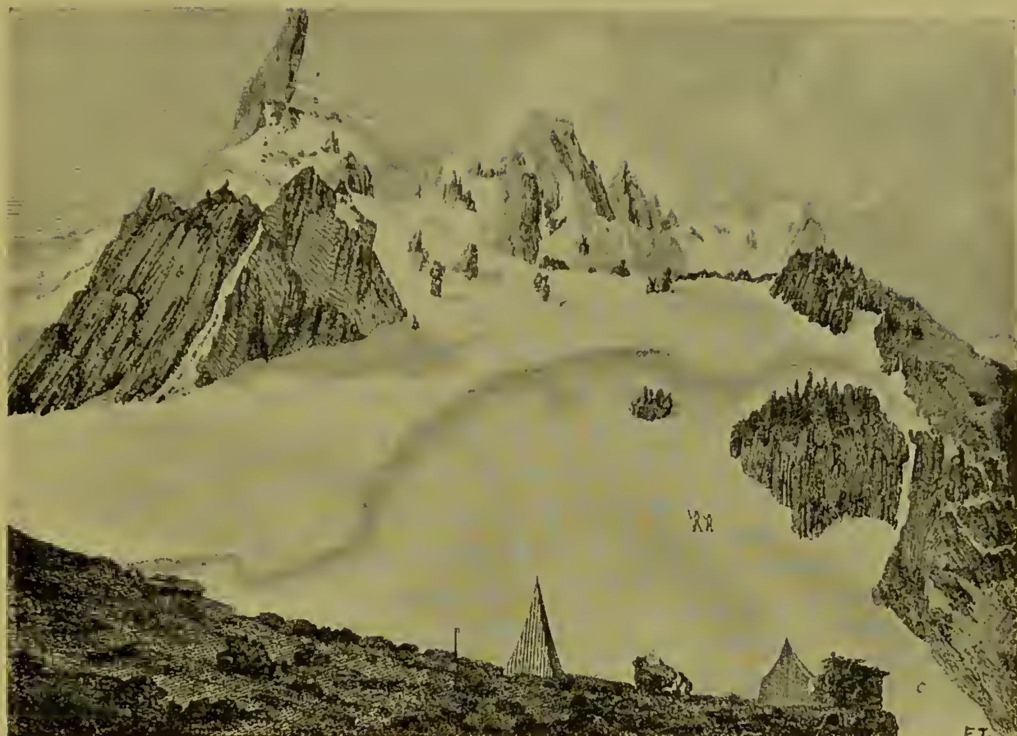
Questa marmotta durante il sonno respira con maggiore frequenza per una rarefazione dell'aria, corrispondente all'altitudine di 2324 metri. Infatti alle ore 8,30 fa in media 17,9
respirazioni al minuto nell'aria normale, mentre dopo a
531 mm. ne fa 18.8
Tornata alla pressione barometrica normale fa 15.9
respirazioni al minuto: rarefacendo nuovamente l'aria sotto
la campana fino a 531 mm., respira 16,6
volte al minuto. Ritornata alla pressione ordinaria fa . . . 14,9
respirazioni al minuto.

Siccome la marmotta dormiva, il respiro divenne sempre più calmo e più lento: ma tanto in questa, quanto in altre marmotte appare costante il fatto che il respiro si accelera e si rinforza per mutamenti poco considerevoli della pressione barometrica ed inferiori ai limiti di 41 centimetri stabiliti da Fraenkel e Geppert per le alterazioni del sangue.

Vi è dunque qualche altra cosa che può modificare le condizioni del respiro oltre l'emoglobina del sangue, oppure vi sono dei mutamenti nel sangue che non conosciamo ancora, i quali agiscono quando diviene minore la pressione barometrica.

Nulla succede nella natura che non abbia la sua ragione di essere: e perciò io penso che la sensibilità maggiore della marmotta per le depressioni barometriche, debba essere una conseguenza delle funzioni speciali del suo sistema nervoso. Perchè

si sospenda quasi la vita nell'inverno, e scemi l'attività del sistema nervoso, quando si abbassa la temperatura esterna, la marmotta deve mancare di alcuno dei poteri regolatori che abbiamo noi, i quali servono ad attizzare i processi chimici dell'organismo, quando si modifica l'ambiente. Forse questa differenza ci mette sulle traccie di altre differenze caratteristiche del sistema nervoso delle marmotte, perchè le funzioni sue devono essere più strettamente legate alle variazioni che succedono nell'aria ambiente come vediamo in questo caso. Il sonno letargico delle marmotte forse trova la sua spiegazione nella resistenza minore che il sistema nervoso oppone all'ambiente, e nella mancanza dei congegni regolatori, che servono a mantenere costanti i fenomeni della vita negli animali superiori.



Accampamento di Saussure al Colle del Gigante (altitudine 3365 m.).
Riproduzione di un disegno fatto dal figlio di Saussure nell'anno 1788.

CAPITOLO VENTESIMO.

L'azione della luce. La traspirazione. Il freddo.

I.

La luce sulle Alpi è differente dalla luce nella pianura, perchè essa attraversa per giungere lassù uno strato minore d'aria e perde meno della sua intensità. Che l'aria, malgrado la sua trasparenza, assorba dei raggi luminosi, si giudica dagli splendidi colori dell'aurora o del tramonto, e guardando il cielo sulle Alpi il quale appare più azzurro.

"Se nell'atmosfera non vi fosse nulla che potesse riflettere i raggi solari, in luogo di un firmamento azzurro, noi vedremmo sul nostro capo l'oscurità profonda dello spazio infinito. L'azzurro del cielo, è un riflesso di particelle perfettamente incolore. Di tutte

le onde luminose emesse dal sole, più corte sono quelle che corrispondono all'azzurro. Lo splendore roseo delle Alpi la sera ed il mattino, è dovuto invece ad una luce *trasmessa*, cioè a della luce, che traversando dei grandi spessori di atmosfera, si spoglia per una serie consecutiva di riflessioni dei suoi raggi azzurri. „ [1]

La pelle nostra è più sensibile all'azione della luce quando siamo sulla fine dell'inverno, dopo che si è per così dire disavvezzata ai raggi più vivi del sole. Me ne accorsi quando nella primavera del 1894 andai sul Monte Rosa, per cercare le località meglio adatte ai nostri accampamenti. Toccai appena i 2600 metri e mi sono preso una forte scottatura al collo e al dorso delle mani, come non mi ero mai preso d'estate nel mio soggiorno a Gressoney, visitando i medesimi luoghi.

Questo fatto si osserva pure nelle piante. Chi ha un po' di pratica della vegetazione nelle serre calde, sa che bisogna abituare poco per volta le piante alla luce. Alle begonie, per esempio, se ai primi giorni della primavera si lasciano colpire dalla piena luce del sole, le foglie si bruciano, diventano gialle sul bordo e poi seccano. Gli amaranti accartocciano pure le foglie, ed altre piante appassiscono. Se invece si *temperano alla luce*, come dicono i giardinieri, possono dopo portarsi in piena terra ed essere esposte ai raggi cocenti del sole, senza che ne soffrano. In questi fenomeni non è il calore, ma la luce che ha la parte preponderante.

Sul Monte Rosa, al Riffelberg, un fisico francese, il Cornu [2], ha mostrato che i raggi violetti, nella luce del sole, sono più abbondanti, e su questo argomento si fecero degli studi anche sulle montagne dell' America. Le fotografie dello spettro, o per servirmi di una parola più bella, le fotografie dell'arcobaleno, sono visibilmente diverse quelle che vengono fatte sulle Alpi da quelle che si fanno nella pianura.

L'occhio nostro non è abbastanza sensibile per accorgersi che la luce sulle Alpi è più ricca di raggi violetti, ma ciò che non sente l'occhio lo sente la pelle, la quale infiammandosi ci avverte, nostro malgrado, che vi fu un'azione intensa dei raggi violetti nei tessuti che stanno sotto l'epidermide.

Tyndall racconta di non aver mai provato sulle Alpi una scottatura così forte quanto quella che soffrì colla luce elettrica lavo-

[1] Tyndall, *Hours of exercise in the Alps.*

[2] Cornu, *Observation de la limite ultra-violette du spectre solaire à diverses altitudes. Comptes rendus.* Tomo 89, pag. 808. — *Sur l'absorption par l'atmosphère des radiations ultra-violettes.* Tomo 88, pag. 1285. — *Sur la substance absorbante dans l'atmosphère les radiations solaires ultra-violettes.* Tomo 90, pag. 940.

rando attorno al faro di North-Foreland. Ma fu Widmark [1] di Stockholm il primo a dare la prova che solo i raggi violetti producono l'infiammazione della pelle e degli occhi.

Recentemente il dott. Ogneff [2], in una grande officina metallurgica della Russia, dove si fonde il ferro colle correnti elettriche, ha studiato le malattie degli occhi e della pelle che si conoscevano già prima sulle Alpi. Una delle esperienze più belle fatte da Widmark, fu quella di mostrare che la luce elettrica non agisce più sulla pelle infiammandola, quando deve attraversare il vetro o uno strato sottile di acqua che contiene sciolto un po' di allume.

Il vapore d'acqua contenuto nell'atmosfera non basta per sè a trattenere i raggi ultra-violetti. È realmente l'aria e lo spessore suo di tre o quattro chilometri ciò che ci protegge qui in basso dall'azione chimica di questi raggi violetti. Questo ci spiega il fatto già noto che la pelle può infiammarsi anche quando il cielo è annuvolato, o siamo avvolti dalla nebbia. In tedesco questa malattia della pelle che quasi tutti gli alpinisti provano nelle prime ascensioni, si chiama scottatura a freddo *(kalte Verbrennung)* appunto per indicare che non è una infiammazione che dipenda dal caldo. Il rossore della pelle prodotto dal caldo dura assai meno dell'infiammazione prodotta dalla luce.

Tra gli scritti più recenti che i dermatologi pubblicarono sull'eritema solare, ricorderò le monografie di Hammer [3] e Bowles [4]. Non mi fermerò sulla parte anatomica di tali scritti, ed accennerò solo quanto può interessarci per la fisiologia. Bowles fece delle esperienze ai piedi del Monte Rosa sul Gornergrat: si tinse il volto di bruno (non disse però quale sostanza adoperasse) ed osservando circa 100 persone che erano al Riffelalp, vide che egli solo non ebbe a soffrire l'azione della luce.

Durante la spedizione sul Monte Rosa ho fatto una serie metodica di osservazioni, per vedere quale fosse il colore più attivo per proteggere la pelle, e se la vasellina ed il grasso servivano a qualche cosa. Avevo portato con me della curcuma, della terra rossa, della piombaggine e del nero fumo. Per vedere meglio gli effetti, qualche volta tingevo la metà del volto di un colore e la

[1] Widmark, *Skandinavisches Archiv für Physiologie.* Vol. I, pag. 264, vol. IV, pag. 281.

[2] J. Ogneff, *Einige Bemerkungen über die Wirkung des elektrischen Bogenlichtes auf die Gewebe des Auges.* Archiv. f. d. gesam. Physiologie 1896, vol. 63, pag. 209.

[3] Hammer, *Einfluss des Lichtes auf die Haut.* Stuttgart, 1891.

[4] B. Bowles, *Ueber den Einfluss der Sonnenstrahlen auf die Haut.* Monatshäfte für praktische Dermatologie, N. 1, XVIII.

metà coll'altro, oppure il naso con un colore e le guancie con un altro. Generalmente era tutta la faccia o il dorso delle mani che venivano tinti colla medesima sostanza. Non riferisco nei loro particolari queste esperienze. Il lettore capirà che esse contribuirono a tenerci allegri. Anche le carovane che venivano in contatto colla nostra spedizione si esilaravano a questa mascherata.

La conclusione fu, che basta tingersi il volto con un sughero bruciato, perchè la pelle non si infiammi. La protezione che dà contro i raggi del sole uno strato leggero di fumo è tanto evidente che chi la prova l'adotta subito.

I corpi grassi non può dirsi che siano affatto inutili, perchè impediscono una evaporazione troppo rapida alla superficie della pelle; ma essi non proteggono la pelle dall' azione irritante dei raggi violetti. La vasellina, la lanolina e il *cold-cream* non si mostrarono efficaci.

II.

Il riflesso della luce sulla neve produce varie malattie degli occhi, le quali cominciarono a studiarsi verso la fine del secolo scorso. Nel 1793 il governo rivoluzionario di Francia, dopo mandati il re e la regina al supplizio, voleva fare alleanza col Piemonte. Amedeo III non si degnò neppure di ricevere l'ambasciatore francese ed allestì a guerra la Savoia e Nizza. In quell'anno i soldati piemontesi, attraversando spesso d'inverno il Moncenisio e il San Bernardo, soffrirono così di male agli occhi, come prima non era mai capitato a centinaia di persone alla volta.

Gli scritti che si pubblicarono su questo argomento sono molto numerosi ed io non mi fermerò certo a parlarne diffusamente [1]. Dirò solo qualche parola intorno alle osservazioni che ho fatto.

Una volta al Colle del Teodulo vidi che bastò una gita al Breithorn, senza occhiali, perchè un alpinista si sfigurasse tutto. Ma se lo meritò, perchè era una specie di Tartarin che andava per la prima volta sul ghiacciaio e non voleva dar retta alle guide. Cenammo con l' ostessa, la signora Pesson, e non mi accorsi di nulla; al mattino svegliandosi aveva le palpebre tanto gonfie che non poteva più aprirle. Mi convinsi che può realmente capitare quanto si racconta dal dott. Paccard. Quando scese dal Monte

[1] J. W. Hofmann, *Ueber die Schneeblindheit.* Mittheil. deutsch. u. Oester. Alpenvereine, N. 6, 1886, pag. 64.

Bianco, dopo la prima ascensione fatta con Balmat, aveva la vista molto stanca per la gran luce sofferta. Al mattino, svegliatosi, disse al suo compagno: è strano che gli uccelli cantano prima che siasi levato il sole.

— Ma siete voi che avete gli occhi gonfi, — risposegli Balmat.

Un caso lo ebbi a curare nella Capanna Regina Margherita. Un operaio partì da Gressoney per fare alcune riparazioni ad un ballatoio che gira intorno alla capanna. L'avevo visto alla Capanna Gnifetti quando passò e stava benissimo: dopo tre giorni lo trovai coricato nella capanna in tale stato che non si fidava scendere tanta era la molestia che gli dava una luce anche debole. Era venuto su per i ghiacciai senza occhiali, e subito il giorno dopo gli si gonfiarono le palpebre, e cominciò a sentire delle fitte negli occhi e a vedere le cose come attraverso la nebbia.

La gonfiezza delle palpebre è certo molesta, ma è cosa meno grave delle alterazioni che possono succedere nella retina. Il prof. Schiess [1] di Basilea, racconta che gli operai italiani, i quali traversano a piedi il Gottardo per andare in Svizzera al principio della primavera, soffrono spesso di questa oftalmia, specialmente quando soffia il vento del nord. Egli ne accolse parecchi nella sua clinica quasi ciechi.

Vi sono altre malattie d'occhi che peggiorano la sera; ma questa invece, che è prodotta da una grande stanchezza della retina per la luce troppo viva, migliora sull'imbrunire. Una luce meno intensa permette all'occhio una visione più distinta.

Loeb [2], dice che il levarsi gli occhiali sui ghiacciai scema la sensazione della stanchezza. Può essere che agisca come eccitamento momentaneo, come l'impressione dell'aria fredda che per un momento ci fa star meglio. Io però non raccomanderei a nessuno di levarsi gli occhiali, perchè certo si accresce la stanchezza e si hanno negli occhi danni maggiori.

Interrogando spesso gli alpinisti sul male di montagna, mi imbattei in uno il quale attribuiva questo malessere alla luce troppo intensa dei ghiacciai. Egli mi disse che abitualmente non soffriva il male di montagna, ma che lo soffrì solo una volta perchè aveva rotti gli occhiali. Era un uomo di temperamento nervoso, al quale la luce forte dava tale molestia, che la sera, passeggiando per la città, cercava di scansare le farmacie dove

[1] Schiess, *Archiv. für Ophtalmologie*, vol. XXV.

[2] Quincke, *Ueber den Einfluss des Lichtes auf den Thierkörper*. Pflüger's Archiv. Tome 57, pag. 100.

sono quei vasi pieni di liquidi colorati, con dietro un riflettore, i quali illuminano la strada.

Siemens aveva già notato che alcuni operai delle sue officine, soffrivano nausea e vomito lavorando colla luce elettrica molto viva.

III.

I polmoni e la pelle sono soggetti ad una evaporazione continua, la quale serve ad impedire che il sangue diventi troppo caldo. Quando d'estate facciamo inaffiare le stanze per rinfrescare l'aria, pochi pensano che succede qualche cosa di simile nel nostro corpo per raffreddarlo. La funzione chimica del sudore è quasi trascurabile, perchè le sostanze che si eliminano col sudore sono in quantità minima. L'acqua del sudore ha invece l'ufficio di produrre un raffreddamento coll'evaporazione. I cani appena si fermano al sole, od hanno caldo, si mettono subito a respirare con maggior frequenza, e un po' meno questo facciamo anche noi uomini, quando cresce la temperatura interna, perchè l'evaporazione che succede nei polmoni produce del freddo.

L'affanno del respiro che ci prende nelle ascensioni, quando per il lavoro dei muscoli cresce la temperatura del corpo, è dunque un apparecchio di difesa. È uno dei tanti congegni automatici che abbiamo nel nostro corpo, i quali funzionano senza che ce ne accorgiamo e anche contro la volontà, per mantenere l'equilibrio nell'organismo.

Avevo portato sul Monte Rosa una grande stadera della portata di 100 chilogrammi, rappresentata dalla fig. 61, che invece del piatto aveva un'assicella di legno sulla quale un uomo poteva stare seduto: tale stadera sentiva rapidamente la differenza di 4 grammi.

A metà atmosfera dovrebbe evaporarsi una quantità doppia di acqua, tutte le altre condizioni restando eguali; perchè, secondo la legge di Dalton, la quantità di liquido evaporato da una determinata superficie nell'unità di tempo, è in ragione inversa della pressione barometrica. Oltre alla pressione diminuita, l'aria in montagna è più secca, e per questo la quantità di acqua che si evapora nell'unità di tempo dovrebbe anche essere maggiore in alto che in basso.

Nella stadera, l'estremità libera dello stilo graduato portava un indice, e di fronte al medesimo c'era una scala fatta su di un pezzo di carta. Sapendo che in media il peso del nostro corpo

diminuisce di 60 grammi ad ogni ora, fatta sedere sulla stadera una persona aspettavasi che l'asta della stadera fosse orizzontale, e l'indice suo corrispondesse al segno A. Stabilito coll'orologio questo momento, siccome il peso del nostro corpo va scemando,



Fig. 61. — Stadera che portammo nella spedizione al Monte Rosa.

dopo un certo tempo dovevamo aggiungere dieci grammi sulle spalle della persona che stava sulla bilancia per fare risalire l'indice nuovamente in A. In media può dirsi che occorrevano 10 minuti, cioè che il peso del nostro corpo a Torino perdeva circa un grammo al minuto per una persona di statura e di

peso medio. Un altro metodo che adoperammo consisteva nel pesare una persona con esattezza, e, segnato il tempo, ripesarla con eguale esattezza dopo un'ora o due, per stabilire quanto in questo spazio fosse diminuito il suo peso per la perspirazione.

Non riferisco tutte le cifre di queste pesate fatte in basso ed in alto; mi basta dire che in generale la perspirazione è minore sulle Alpi. Varie spiegazioni si possono dare di questo fatto inatteso, e disgraziatamente le mie esperienze non sono abbastanza numerose per autorizzare una discussione qualsiasi. È probabile che i vasi della pelle siano meno dilatati, e quindi meno attiva la circolazione cutanea e la secrezione del sudore. La circolazione meno attiva, elide l'influenza che esercitano i movimenti del respiro facendo diminuire l'evaporazione polmonare e cutanea. Tutte queste cause insieme, non bastano però a spiegare che in alcuni casi abbiamo trovato circa la metà meno della perdita in peso sulle Alpi, a 4560 metri, quando invece mi aspettavo di vederla cresciuta del doppio.

La differenza della temperatura esterna era piccola ed incapace a mio parere di produrre un simile divario. Potrebbe cercarsi la causa di questa differenza in un rallentamento dei processi chimici. L'uomo perde in media un grammo di acido carbonico ogni due minuti. Se diminuisce la combustione del corpo questa perdita (che noi misuriamo colla stadera insieme all'acqua evaporata) deve rendersi manifesta. Contro tale ipotesi stanno però le osservazioni di mio fratello, le quali mostrarono che varia poco la quantità di acido carbonico eliminata ogni mezz'ora, a Torino e nella Capanna Regina Margherita.

Un utile ricavai da queste osservazioni in quanto ho seguito con esse l'influenza che il clima alpino esercitò sul peso del corpo dei componenti la spedizione al Monte Rosa. Riferisco nella seguente nota la media delle pesate fatte a Torino prima di partire, e a Gressoney prima che la nostra comitiva si sciogliesse. Chiunque sia pratico di simili pesate, sa che sono grandi le differenze tra un giorno e l'altro, malgrado ogni precauzione, così che è necessaria una serie lunga di osservazioni e maggiore di quella che ho potuto raccogliere io. Risultò pur tuttavia con evidenza che alcune persone della nostra carovana diminuirono di peso durante il soggiorno sul Monte Rosa; queste furono il soldato Ramella, il quale ebbe una polmonite, Oberhoffer, Marta, Sarteur, Solferino ed io: mentre altri crebbero di peso. Beno Bizzozero aumentò di 4 chilogrammi, il caporale Camozzi di 1200 grammi, il caporale Jachini di 1170 grammi.

Peso del corpo di alcuni dei membri componenti la spedizione al Monte Rosa	Prima	Dopo
Camozzi	65,600 Gr.	66,800 Gr.
Oberhoffer	58,300 „	57,100 „
Marta	71,200 „	71,100 „
Sarteur	64,820 „	63,800 „
Solferino	64,100 „	63,800 „
Jachini	73,560 „	74,730 „
Chamois	62,680 „	62,600 „
Cento	69,120 „	69,600 „
Beno Bizzozero	56,340 „	60,500 „
Ramella	62,920 „	60,800 „
A. Mosso	74,500 „	73,400 „

IV.

Un biciclista, studiato da Tissié nel Velodromo di Bordeaux, percorse 620 chilometri in 24 ore. Tenendo calcolo delle bevande ingerite (fra le quali due litri e mezzo di latte) e tenendo calcolo esatto delle perdite di liquido, sarebbe diminuito in peso di 7,710 gr. Egli pesava prima 70 chilogrammi; avrebbe dunque perduto più di un decimo del peso del suo corpo.

Ho citato queste cifre, perchè il lettore abbia un'idea dell'entità delle perdite che facciamo continuamente, e veda che cosa è la fortuna delle parole. Questa perdita di un decimo del peso del proprio corpo con termine medico si chiama *perspirazione insensibile.* Certo questa diminuzione di peso nel biciclista studiato dal Tissié (la quale si ripete in proporzioni minori in tutti noi quando facciamo un'ascensione), è dovuta anche in parte all'acido carbonico che si elimina colla respirazione. Mi rincresce di non aver fatto delle esperienze sulla perdita di peso nelle ascensioni. Avevo notato queste osservazioni nel programma delle mie indagini sul Monte Rosa, ma in causa del tempo pessimo dovetti sospenderle.

Non c'è bisogno della bilancia, dirà qualcuno; noi abbiamo una sensazione speciale delicatissima, la *sete,* che ci avverte quando diminuisce l'acqua nell'organismo. Basta stare attenti se sulle Alpi si è più spesso molestati dalla sete e la questione è risoluta. La cosa però è assai più complessa che non paia. Nelle ascensioni qualche volta si respira colla bocca aperta, e questo basta già a produrre una sete grande, come ciascuno provò quando in causa ad un raffreddore, ed avendo il naso intasato

si respira per la bocca. La secchezza delle fauci dà una sensazione identica alla sete, anche quando questa non dovrebbe esistere perchè il corpo contiene ancora acqua a sufficienza. Nella fatica, e per azione dell'aria rarefatta, diminuisce la secrezione della saliva. Questa è un'altra grave complicazione che ci farebbe cadere in errore, se in tale studio volessimo fidarci esclusivamente ad una sensazione così indeterminata come è la sete.

Il prof. Oertel paragonando i vari metodi che si adoperano nella medicina per far diminuire il peso del corpo, dimostrò che le ascensioni sui monti fanno perdere più rapidamente una quantità maggiore di acqua [1].

La conclusione è che stando ad altezze superiori ai 3000 metri, io non mi accorsi sul Monte Rosa che la sete fosse più intensa per una evaporazione più rapida dell'acqua. Il regime mio e quello dei miei compagni, che avevo pregato di far osservazione a questa cosa, mi permettono senz'altri dati più esatti, di formulare un giudizio abbastanza sicuro. La distribuzione del vino e del caffè, la quantità di neve che dovevamo far fondere ogni giorno alla capanna Gnifetti e alla capanna Regina Margherita, rimasero sempre eguali e nessuno si è mai lamentato di aver sete.

V.

Saussure disse che noi sentiamo il calore del sole molto più sulle Alpi che non nella pianura, e soggiunse: fu il caldo non il freddo che fece tornare indietro i primi alpigiani che tentarono di salire sul Monte Bianco. Credo che il celebre fisico ginevrino abbia esagerato alquanto; ma è meglio sentire i fatti come e' gli espone. Erano ai piedi del Monte Bianco all'altezza di circa 3700 metri. Saussure aveva un parasole e un altro ne aveva il signor Bourrit che l'accompagnava con suo figlio. Tutti due non potevano stare al sole tanto era caldo [2].

J'essayai de m'en passer pendant que j'ajustois le baromètre, mai je ne pus pas y tenir, je fus forcé de le reprendre, et M. Bourrit fut obligé d'aller se blottir auprès de son père pour être à l'ombre du sien en même temps que lui. Cependant ces rayons insupportables à nos corps, ne faissoient sur la boule du termomètre q'un effet equivalent à 2 degrés $^{1}/_{5}$; cet instrument marquoit à l'ombre 2,5 et au soleil 4,7.

[1] *Opera citata*, pag. 103.

[2] Saussure, *Voyages dans les Alpes*. Tome IV, pag. 437.

Che i raggi del sole siano più attivi sulle alte montagne e che la radiazione termica sia più intensa, è un fatto certo. Ma quanto più andiamo in alto fa anche tanto più freddo, e l'aria conduce meno bene il calore.

Nella spedizione al Monte Rosa, ho portato un grande parasole per proteggerci dalla luce, quando occorreva di lavorare all'aria aperta. Ce ne servimmo più volte in mezzo alla neve ad altezze come quelle dove Saussure fece le sue osservazioni, e non ci capitò mai di essere così molestati dalla luce solare come si crederebbe dalle parole di Saussure. Neppure mio fratello che lavorava coll'ergografo al sole, ai piedi delle arcate che sostengono la capanna Gnifetti, ebbe mai a lamentarsi di non poter resistere, e nessuno della mia carovana soffrì il caldo mentre il termometro era così basso. Devo perciò ritenere che Saussure ed i suoi compagni fossero più sensibili di noi, od avessero già la pelle infiammata, o che nella località dove essi fecero le loro osservazioni, fossero delle condizioni speciali che a me non capitò di trovare.

Saussure dice che il termometro all'ombra segnava 2°,5 e che al sole, dove non poteva resistere per il caldo soffocante, il termometro segnava solo 4°,7. A questa osservazione di Saussure deve però farsi l'obbiezione che il termometro non era annerito, e che per ciò assorbiva solo una piccola parte della radiazione solare tanto molesta alla pelle. Infatti è noto che un termometro pieno di mercurio splendente riflette una grande parte del calore che viene dal sole e non segna per nulla la quantità di calore che esso riceve [1].

Durante il soggiorno nella Capanna Regina Margherita osservammo spesso l'iridescenza delle nubi. Una sera tenendo le spalle volte al sole che tramontava, vedemmo nel cielo due grandi aloni, che formavano due cerchi concentrici completi, colorati come l'arco baleno. Il cielo dinanzi a noi era leggermente nebbioso. Un'altra volta che era sereno vedemmo l'ombra del Monte Rosa proiettarsi nettamente nel cielo. Era il 14 agosto all'ora del tramonto, quando cominciò a sollevarsi lentamente un triangolo

[1] Per misurare la temperatura dell'aria, adoperai un termometro non annerito tenuto all'ombra e bene riparato da ogni irradiazione. Nelle osservazioni meteorologiche che ho fatto sul Monte Rosa mi servii di una cassetta di legno sostenuta da un palo che piantavo in terra. Questa cassetta aperta sopra e sotto aveva dei fori nella parete volta al nord. Altre osservazioni le feci mettendo il termometro entro un cilindro di carta aperto sopra e sotto, oppure girando il termometro rapidamente come una fionda, tenendolo in mano per un filo lungo 10 o 20 centimetri legato all'occhiello del termometro.

scuro nel cielo. La base di quest'ombra nera oltrepassava a destra l'ultima parte del Lago Maggiore verso Sesto Calende, a sinistra il Lago di Varese. Formava come l'imagine conica ed isolata di certe montagne che si vedono nei disegni giapponesi. Dal vertice del cono partivano due raggi scuri che volgevansi a destra, simili ai raggi che manda il sole quando tramonta dietro le nubi. L'ombra triangolare del Monte Rosa si sollevò lentamente, raggiunse il massimo della sua intensità poco prima che tramontasse il sole. L'illusione fu tale che parve in alcuni istanti non più un'ombra, ma una realtà, e scomparve col sole.

VI.

Quando abbiamo freddo i vasi si contraggono, la pelle e le parti superficiali del corpo contengono meno sangue. L'apparecchio nervoso che regola la circolazione, chiude, per così dire, le cateratte che vanno alla periferia del corpo, perchè non si raffreddi troppo rapidamente il sangue e lo accumula negli organi più profondi. Questo è utile; ma ogni bel giuoco deve durar poco. Se il freddo cresce e continua, ne può derivare danno da questa diminuzione del movimento sanguigno alla periferia del corpo.

La resistenza al freddo è differente nelle varie persone. Di questo ci accorgiamo facilmente, quando vi è un'assemblea numerosa di persone che rimangono insieme parecchie ore nel medesimo ambiente alla stessa temperatura. Nell'uscire, toccando la mano a varie persone per salutarle, è facile accorgersi che la temperatura delle mani di ciascuno varia moltissimo. In generale le persone hanno al mattino le mani più fredde dell'ordinario e solo nel pomeriggio queste cominciano a riscaldarsi.

Ho fatto delle ricerche insieme al dottor Colombo, dalle quali risulta una differenza grande nel modo col quale il sangue circola nelle mani e nei piedi di differenti individui. In alcuni per azione del freddo la contrazione dei vasi sanguigni diviene così forte da impedire la circolazione del sangue. Di questo ci accorgiamo facilmente guardando il colore delle mani in varie persone soggette al medesimo grado di freddo. In alcune la pelle prende presto un colore livido. Questo cambiamento di colore è dovuto a ciò che il sangue circola meno rapidamente nei piccoli vasi e prende il colore del sangue privo di ossigeno.

Sarebbe utile poter fare delle ricerche comparative in un grande numero di alpinisti. Io sono convinto che la fisiologia riuscirà

un giorno a stabilire con sicurezza quali siano le attitudini e la resistenza degli alpinisti alle intemperie e alla fatica eccessiva nelle ascensioni, e a salvare i meno atti, facendo che non si espongano agli accidenti che mettono in pericolo la loro esistenza. L'anemia delle mani e dei piedi prodotta dalla contrazione dei vasi sotto l'influenza del freddo, è una delle condizioni che precede il loro congelamento. L'eccesso di difesa diventa nocivo. Il sangue, ritiratosi dalla periferia del corpo per salvare i centri della vita, lascia in balìa alla morte le parti periferiche del corpo.

Certo, coloro che hanno i vasi meno sensibili all'azione del freddo, persistendo in essi la circolazione del sangue nelle estremità, possono con leggiere contrazioni muscolari, mantenere così elevata la temperatura delle dita, che queste resistono all'azione del gelo. Di questo mi accorsi alla Capanna Regina Margherita, durante una grande tempesta dove alcuni arrivarono coi piedi e le mani gelate senza che potessimo attribuire tale fatto alla mancanza di guanti, o a un difetto delle scarpe.

Quando dobbiamo prestare dei soccorsi ad una persona che ha i piedi o le mani gelate, la prima cosa che dobbiamo ricordarci è di non far male alla persona. Tutti sanno che il riscaldamento deve essere lentissimo e graduato [1].

Un'esperienza del dottor Catiano prova con chiarezza questo fatto. Coll'evaporazione dell'etere sopra il cranio di un piccione si può raffreddare bruscamente il cervello. Se poi si effettua il ritorno alla temperatura normale, gradatamente, lentamente, coll'impiego di 5 ad 8 ore, l'animale non dimostra alcun disordine e si sveglia a poco a poco. Al contrario se, dopo il raffreddamento, si versa acqua tiepida sulla testa del colombo, questo palesa notevolissimi disturbi nervosi.

Il vecchio rimedio delle guide e dei pastori di fregare colla neve o col ghiaccio le parti congelate è così cattivo, che certo è meglio non far niente piuttostochè servirsi di quello. Il dottor Catiano fece delle esperienze sugli animali congelando loro le gambe col freddo, e trovò che sulla parte dove faceva le fregagioni colla neve, succedevano poi delle ulcerazioni. Nella neve vi sono dei cristalli che scalfiscono la pelle, e queste scalfitture diventano il principio di una lesione e di un'ulcera.

Sciоltosi il gelo, la pelle sarà così debole, sarà talmente soggetta ad infiammarsi e a passare in gangrena, che noi dobbiamo essere guardinghi a toccarla; la pressione stessa che facciamo

[1] A. Mosso, *Il freddo*. Conferenza tenuta al Club Alpino, 23 febbraio 1894. Bollettino, Vol. XXVII.

col massaggio non deve essere troppo forte. Per ciò quando arrivava qualcuno nella Capanna Regina Margherita coi piedi o le mani gelate, noi gli abbiamo fatto un dolce massaggio colla vasellina, procedendo nella compressione dalla punta delle dita verso il tronco, toccando la pelle dolcemente, senza comprimere troppo, e continuando così fino a che essa diventasse nuovamente rossa e calda.

Ancora recentemente il dottor Gurgo, nella sua gita al Monte Rosa, fece sopra sè medesimo l'esperienza del come bisogni procedere cauti nelle frizioni " egli potè constatare (in seguito ad una congelazione) che la mano la quale aveva subìto meno violenta frizione, migliorò e guarì più rapidamente che non quella sottoposta a frizioni più energiche "[1].

Passato il gelo, i vasi cessando di essere contratti, si paralizzano, e la pelle per una reazione della fatica subita dai vasi, si tumefà ed arrossa. Per comprendere come il sangue affluisce alla periferia del corpo in troppo grande quantità, quando la pelle disgela, rammentiamoci il bollore che abbiamo provato palleggiando la neve. Quel rossore, esagerandosi, produce l'infiammazione della pelle; il formicolìo e la tumefazione leggera delle mani dopo che le abbiamo tenute nella neve ci mostrano come coll'esagerarsi di questi fenomeni possano prodursi l'edema, le bolle, le vesciche e anche l'ulcerazione e la distruzione della pelle e dei muscoli per gangrena. Ad una persona venuta alla Capanna Regina Margherita in un giorno di tormenta, gonfiarono talmente i piedi che per tre giorni non potè calzare le scarpe e partì zoppicando.

Vi sono delle congelazioni in seguito alle quali scompare la sensibilità per mesi. La semplice azione intensa del freddo senza congelazione (come mi capitò di vedere nella signora Baccelli, che venne alla Capanna Regina Margherita con suo marito, l'onorevole Alfredo Baccelli) produsse una sensazione di formicolìo nelle dita che durò due giorni dopo che era tornata a Gressoney.

Alessandro Sella mi raccontò che una volta gli gelarono le mani nel fare dei gradini su di un ghiacciaio. C'era un freddo di — 16° e una tormenta così forte che arrivati in cima dovettero buttarsi per terra per non essere portati via dal vento. Ad un certo punto suo padre, Quintino Sella, gli disse di aiutarlo; ma egli non potè aprire le mani colle quali teneva la picca. Durò tre mesi l'effetto del gelo; perdette la sensibilità, ma non il moto. Suo padre ebbe un pollice gelato e perdette l'unghia.

[1] G. Rey, *Una escursione scolastica al Monte Rosa*. Torino, 1897, pag. 20.

VII.

L'azione del freddo sui vasi sanguigni fu uno dei primi studi che feci nel principio della mia carriera, ma oramai sono tanto vecchi quegli esperimenti, che non è più il caso di ricordarli nemmeno.

Sono convinto però che lo studio del freddo sia ancora sempre una delle questioni più gravi nella fisiologia dell'uomo sulle Alpi. L. Hermann fece notare recentemente che il freddo si prova più intenso e molesto quando uno passa da luoghi poco riscaldati all'aria libera, che non quando si esce d'inverno da una stanza ben calda. Dalla legge fisiologica del contrasto si dovrebbe invece aspettare l'inverso. La ragione di questo fatto sta in ciò che quando la temperatura del nostro corpo è diminuita di alquanto per esserci trattenuti a lungo in un luogo freddo, basta un'altra diminuzione leggera della temperatura per dare origine al tremito [1].

La maggiore molestia che noi provammo fu quella del freddo, e lo soffrimmo più intensamente quando eravamo accampati fra i 2500 e i 3000 metri, perchè non potevamo scaldarci colla stufa. Per consolarmi pensavo spesso all'accampamento di Saussure sul Colle del Gigante, dove egli nel secolo scorso si era fermato sedici giorni all'altezza di 3365 metri. Era partito da Chamonix in principio di luglio, e attraversato il ghiacciaio del Tacul piantava le tende ai piedi della montagna del Tacul. Dopo aver descritto i crepacci e i fianchi estremamente ripidi del ghiacciaio dell'Aiguille Noire arrivò sul colle che scende verso Courmayeur. Prima che toccasse la sommità, e quando credevasi fuor di pericolo, sentì gridare: “ des cordes, des cordes „. Era uno dei portatori, il quale camminava in testa alla carovana portando le materassa di Saussure, che era scomparso sprofondando in mezzo ai suoi compagni in un crepaccio. Per fortuna cadde su di un blocco di néve che c'era a circa venti metri nella gola del crepaccio e fu salvo.

Nella sua relazione Saussure non si lamenta d'altro che del freddo, e non c'erano dice egli, nè pelliccie, nè mantelli che bastassero a proteggerlo; la sera, anche nei giorni di bel tempo, scriveva le sue note tenendo una pietra riscaldata sotto i piedi. Nelle due piccole tende, che erano di tela, non si poteva accendere il fuoco,

[1] L. Hermann, *Kleine physiologische Bermerkungen und Anregungen.* Pflüger's Archiv. 1897, pag. 599.

e la capanna era tanto misera e crivellata di fessure che non si riusciva a scaldarla; il carbone bruciava male, e quando si avevano i piedi caldi, tutto il resto del corpo era ghiacciato dal vento che soffiando attraversava le pareti della capanna fatta di pietre sconnesse.

La figura a pag. 129 rappresenta il nostro accampamento presso la capanna Linty. Non si vede la tenda a baracca che serviva di laboratorio, la quale era più lontana e in essa dormiva il dottor Abelli, e mancano pure le tende del personale di servizio.

I soldati avevano raddoppiato con delle coperte di lana la tela delle loro tende. Queste erano più basse delle nostre, e vi stavano in sei dentro ciascuna. L'aver il suolo tutto coperto di materassi, e la tenda foderata di lana, serviva a tener alta la temperatura. Un mattino ho misurato 14° al termometro che stava appeso nella tenda; la temperatura esterna si manteneva come al solito sotto zero; generalmente la temperatura nella tenda dei soldati era 8° a 9°.

La sera accendevo due candele nella tenda per leggere o scrivere e la temperatura, se non c'era il vento, cresceva da 0° a 7° od 8°. In seguito a tale esperienza si era addottato il metodo di accendere la lanterna da alpinista nella propria tenda un'ora o due prima di andare a letto. Nelle nostre tende si stava meno bene pel caldo che in quelle dei soldati, ma l'aria era migliore. Le tende che hanno i nostri ufficiali nell'esercito sono troppo permeabili per montagna, per chè quando soffia il vento non è possibile di procurare sotto di esse un ambiente che sia meno freddo dell'aria esterna.

Quando salii d'inverno sul Monte Rosa con Alessandro Sella, avevamo deciso di scavare nella neve una fossa grande e profonda, nel caso che fossimo sorpresi dal cattivo tempo; e nel giorno che ci fermammo al Colle d'Olen, per esercitarci costruimmo una casetta nella neve, che si chiuse con un grande pezzo di ghiaccio. S'era piantato un bastone nel mezzo per attaccarvi il termometro, e due altri pezzi di legno servivano per appendere le lanterne e riscaldare un po' l'aria. Avevamo preparato un letto soffice di neve, coperto da una tela impermeabile. Il nostro sogno era di dormire in quella casa di ghiaccio! Tornati dalla piramide Vincent eravamo tanto stanchi che ci consolammo pensando che era una esperienza inutile, perchè delle prove simili le avevano già fatte i marinai della *Jeannette* [1], che le ripetono ogni anno gli Esquimesi, e che Saussure si era proposto di farla sul Monte Bianco e che anche egli non l'aveva fatta.

[1] *L'expédition de la Jeannette au pole Nord*, Tome I, pag. 177.

Lascio da parte le ricerche sui rimedi della fatica e specialmente sulla cocaina, le quali pubblicherò più tardi insieme ad altri studi sulla circolazione del sangue nei polmoni. Il mio intento fu di illustrare con semplicità e con chiarezza alcuni capitoli della fisiologia umana, in modo da aiutare gli alpinisti che vogliono conoscere la ragione scientifica delle norme igieniche da seguirsi nelle ascensioni. Sarei lieto se questo mio scritto potesse venir consultato con profitto da coloro che desiderando fare delle osservazioni proprie nello studio dell'uomo sulle Alpi, vogliono conoscere sommariamente le condizioni attuali della fisiologia alpina.

Il dottor Desiderio Kuthy fece con me una serie di ricerche sulle " modificazioni che subisce il sangue nelle regioni elevate per effetto della diminuita pressione barometrica „ [1], e il prof. Piero Giacosa col suo assistente, il dottor Lorenzo Scofone, studiò sull'alpe Lavez e nella Capanna Regina Margherita " il contenuto in emoglobina del sangue a grandi altezze „ [2].

Sono nel sangue i primi e più diretti mutamenti che modificano la nutrizione dei centri nervosi per produrre il male di montagna, ma fino ad ora questa è la parte meno progredita e la più difficile nello studio dell'uomo sulle Alpi. Degli scritti molto numerosi su tale argomento parlerò in un prossimo lavoro, pubblicando i miei studi sui gas del sangue e sulle analisi dell'aria respirata a differenti pressioni barometriche.

Sono convinto che l'opera mia sarà utile ad un maggior numero di lettori, se rendo il volume meno grosso e meno difficile, e però finisco. Le digressioni furono tante, che quasi sento il dovere di scusarmi; ma era necessario di fermarsi nel racconto della spedizione per schiarire i fenomeni osservati. Giova poco scoprire nuovi fatti, se non riusciamo a spiegarli. Tale indagine esercita un fascino irresistibile sugli studiosi della natura ed è la parte più nobile della scienza.

---

[1] Dott. Desiderio Kuthy. Rendiconti della R. Accademia dei Lincei; 6 settembre 1896.

[2] P. Giacosa. Rendiconti del R. Istituto Lombardo. Vol. XXX, pag. 410.

APPENDICI.

Soldato Ramella.



Caporale Camozzi. Capitano Medico V. Abelli. Soldato Marta. Caporale Jachini.

Appendice Prima.

Una polmonite sviluppatasi e guarita sulla vetta del Monte Rosa.

I.

Presento l'ultima fotografia che Beno Bizzozero fece della nostra spedizione, come il ricordo di un avvenimento felice, quando giunse a Gressoney la retroguardia della carovana, composta del soldato Ramella, convalescente di polmonite, del capitano dott. Vittorio Abelli, dei due caporali Camozzi e Jachini, e del soldato Marta.

Mentre eravamo nella capanna Regina Margherita, a 4560 metri di altezza, uno dei nostri compagni si ammalò di polmonite: pubblicando la storia di questo caso raro di una malattia svoltasi e guarita

a così grande altezza, ricordiamo le inquietudini e l'ansietà di quei giorni, sperando che la ristrettezza del luogo, e le difficoltà che dovemmo superare ci serviranno di scusa, se questo studio clinico non è riuscito completo quanto avremmo desiderato.

" Ramella Pietro, abitante in Oropa [1], è un giovane alpigiano dell'età di 22 anni, pesa 62 chilogrammi ed è alto metri 1,62. La conformazione del suo corpo è regolare. La costituzione sua robusta, benchè abitualmente sia alquanto pallido. Capacità vitale misurata il 13 luglio 3872 c c. Da ragazzo soffrì male di orecchi e non ricorda altri fatti degni di nota.

" Per dare una prova della robustezza del soldato Ramella, ricorderò l'esempio di una delle marce che egli fece nel periodo di allenamento, quando ci esercitavamo con delle marce di prova nella pianura e nelle prealpi. Il giorno 5 luglio 1894 partì da Ivrea alle ore 17 con alcuni compagni, ed arrivò a Gressoney St. Jean alle ore 7 ant. del giorno successivo. Mi ero recato col prof. A. Mosso ad aspettare la comitiva un'ora sotto a Gressoney St. Jean. Quivi trovammo che il Ramella aveva la temperatura rettale di 37°,4, polso 98, respiro 25 al minuto; era cioè in condizioni eccellenti e si continuò poco dopo per Gressoney la Trinità, dove si arrivò alle ore 10. Fu dunque una marcia di circa 12 ore, senza tener conto delle fermate, con un dislivello di 1400 metri, portando circa 15 chilogrammi nello zaino sulle spalle. — Con altre marce eguali fatte nella pianura tra Montanaro e Torino, ci eravamo assicurati della resistenza alla fatica e della robustezza del Ramella.

" Mentre noi eravamo da alcune settimane sui ghiacciai del Monte Rosa, mandammo ad avvertire il Ramella, perchè raggiungesse la nostra comitiva, trovandosi egli ad Ivrea. Il giorno 10 agosto 1894 Ramella partì alle 7 ant. col treno; giunto a Pont St. Martin si incamminò a piedi alle ore 8 ed arrivò alle 17 a Gressoney St. Jean. Quivi dormì e partito con alcuni compagni ed una guida alle ore 6, arrivò alle 17,30 alla capanna Gnifetti (altezza 3620 m.) dove dormì bene. Il giorno successivo che fu il 12 agosto partì alle ore 5,30 dalla capanna Gnifetti portando, come già aveva fatto il giorno precedente, un sacco di pane sulle spalle del peso di circa 20 chilogr. Durante tutto il viaggio sopra il ghiacciaio anche nelle salite più faticose non diede alcun segno di stanchezza anormale. Anche nell'ultima parte della salita che è la più ripida e difficile (quantunque tre

[1] Questa osservazione fu raccolta dal dott. Vittorio Abelli capitano medico e presentata all'Accademia dei Lincei. Rendiconti seduta 5 luglio 1896. — Nella memoria originale vi sono tre figure di tracciati che per brevità non ho riprodotto in questo sunto.

persone della nostra comitiva fossero andate incontro alla piccola carovana, come si faceva sempre per dare aiuto e portare ristoro con un po' di vino caldo) il soldato Ramella non volle essere aiutato, e portò il sacco del pane fino alla capanna Margherita. Arrivarono alle 9,12 ed erano in quattro. Il tempo era sereno ed il vento forte. La temperatura dell'aria all'ombra — 9°.

" Appena la comitiva entrò nella capanna, ciascuno di noi, essendo in quattro medici, prese una di queste persone in esame per conoscere i fenomeni della fatica e studiare le modificazioni che presenta l'organismo appena uno giunge a quell' altezza. Il giovane Ramella capitò in osservazione al professore Ugolino Mosso. Dal giornale delle osservazioni, copio la parte che si riferisce alle prime ore dopo il suo arrivo nella capanna Regina Margherita.

" Pietro Ramella è giunto alle ore 9,12, si sente bene, non ha male di capo, ma è molto stanco. La faccia alquanto cianotica, le mani assai fredde. Tolte le scarpe e le calze, trovati i piedi in stato normale, si avviluppano in una coperta di lana: e subito Ramella si corica su di un materasso.

Ore	9,18	Polso	110	Respiro	25	Temperatura	rettale	37°,6
„	9,27	„	102	„	20	„	„	37°,05
„	9,45	„	110	„	20	„	„	37°
„	17,50	„	120 a 124	„	26	„	„	39°

" Accusa male di capo e tendenza al vomito; essendo molto depresso gli amministriamo 10 centigrammi di cloridrato di cocaina in mezzo bicchiere di vino di Marsala. La cianosi è cresciuta, compaiono i brividi.

" Nella notte cresce ancora la febbre, e solo nel giorno successivo, in seguito all'esame dei polmoni, esprimo il dubbio che si tratti di una polmonite. Nella tabella messa in fine sono raccolte le osservazioni fatte durante la malattia.

" Il polso nei due primi giorni oscillò fra 118 e 100 al minuto. Collo sfigmografo del Marey non ci fu possibile ottenere un tracciato, tanto il polso era debole e filiforme. Avrei potuto tentare di scrivere il polso coll'idrosfigmografo del prof. A. Mosso che avevamo con noi nella capanna Regina Margherita, ma mi parve inutile recare molestia al malato, perchè eccettuata la grande frequenza e la debolezza del polso, la funzione del cuore e dei vasi sanguigni era normale.

" La irregolarità nella frequenza e nella ampiezza dei movimenti respiratori era evidente. Mi sono assicurato con ripetute osservazioni che la respirazione in Ramella era più superficiale che in tutti noi. Nel terzo giorno di malattia la frequenza del respiro era solo 23 al

minuto. Questo dipende dal sovrapporsi di fattori che agiscono in senso inverso, quali sono la febbre, l'altitudine, il riposo, la lesione stessa dei polmoni, e la depressione dei centri nervosi. Ad ogni modo è interessante per la dottrina del male di montagna che in questo caso fosse meno grande l'ampiezza delle inspirazioni, malgrado la pressione barometrica di soli 425 mm. e malgrado che per effetto della polmonite l'area respiratoria fosse più limitata del normale.

" Un altro fatto degno di menzione è che la respirazione durante la malattia si mantenne periodica. Tale fenomeno, che era comune in tutti noi durante il sonno, si mostrò evidente anche nella veglia in Ramella, colla differenza che in lui i periodi erano costituiti da 10 o 12 respirazioni superficiali, separate da una o due inspirazioni profonde.

" La frequenza del respiro toccò il suo massimo nel secondo giorno di malattia, raggiungendo la frequenza di 32 inspirazioni al minuto; dopo andò successivamente e gradatamente diminuendo fino a 18 respirazioni al minuto. Nella pianura la frequenza media del respiro era in Ramella solo di 14 al minuto. La frequenza del polso pure cominciò a decrescere dopo il secondo giorno, scendendo, da 118 che fu nel giorno 13 agosto, fino a 64, senza raggiungere mai il minimo osservato nella pianura dopo il sonno, che fu di 50 pulsazioni al minuto. Durante tutto il soggiorno nella capanna Regina Margherita il polso fu piccolo e debole.

" Caratteristico nel decorso di questa polmonite fu il decorso della temperatura, che anche nell'inizio arrivò solo vicino ai 40° (39°.9), oscillando nei giorni successivi fra 38°,8 e 38°. La pneumonite si risolse nella settima giornata, e può considerarsi il decorso della febbre durante la medesima quasi come una lunga lisi.

" La guarigione per lisi, abbastanza rara nella polmonite acuta, accenna ad un decorso anomalo, del quale dobbiamo discutere le cause. L'ipotesi che questa polmonite sia prodotta dal raffreddamento, non mi pare molto probabile; perchè in tale caso le polmoniti dovrebbero essere molto più frequenti tra gli alpinisti, mentre in generale non lo sono. Anzi per l'esperienza che ho delle Alpi, credo che le polmoniti siano nelle regioni elevate meno frequenti che nella pianura.

" Sebbene manchi l'esame microscopico degli sputi, secondo ogni probabilità si tratta qui di una polmonite fibrinosa acuta. La tosse quasi mancante, le qualità fisiche dello sputo che aveva l'aspetto tipico, rugginoso, sanguigno, consistente e vischioso — la mancanza di altri sintomi caratteristici dei catarri bronchiali — ci fanno ammettere che si trattasse veramente di una infezione per il pneumococco del Fraenkel.

" Appena diagnosticata la malattia, la prima domanda che ci siamo

fatta fu, se il lasciare il malato a quell'altezza avrebbe aggravato le sue condizioni, o se invece la depressione atmosferica sarebbe stata favorevole al decorso della febbre e della polmonite. Nei due primi giorni ci spaventammo nel vedere crescere la cianosi e la depressione delle forze. Una terribile burrasca scoppiata in quei giorni sulle Alpi, non ci lasciò neppure discutere sulla possibilità di uscire dalla capanna, e tanto meno di portare l'ammalato in basso.

Osservazioni fatte durante la polmonite del soldato Ramella all'altitud. di 4560 m.

Giorni	Ore	Polso	Respiro	Temperatura rettale	OSSERVAZIONI
Agosto					
12	21 —			39°,5	Forte cefalea, la respirazione è periodica, cioè si alterna un certo numero di respirazioni superficiali, con una o due inspirazioni profonde.
13	6,20	118	32	39°,9	Respiro vescicolare da per tutto il polmone, eccetto che alla base del torace, a destra e posteriormente, dove è indeterminato. — Non si avverte l'urto della punta del cuore: area di ottusità cardiaca aumentata — toni non alterati, ma debolissimi, polso piccolo, non percettibile alla radiale. Alla base del torace a destra e posteriormente odonsi rantoli crepitanti, ipofonesi alla percussione, leggero aumento del fremito vocale. Assenza completa di tosse; respiro periodico, cefalea frontale intensa, cianosi diffusa marcatissima, assopimento, lingua leggermente patinosa.
	9,45	102	30	39°,5	
	12 —			38°,9	
	16,30			38°,6	
	17 —	104	24	38°,5	
	19 —			38°,2	
14	7 —			38°,7	Respiro bronchiale soffiante, alla base destra posteriormente; epistassi; continua la cefalea. Assenza di tosse. Orina scarsa, densa, scura.
	10,30	98	29	38°,6	
	17,30			38°,7	Continua la cefalea e l'assenza della tosse; broncofonia, rantoli crepitanti, aumentata l'ottusità sulla superficie che corrisponde alla sede della polmonite.
	21 —	96	24	38°,1	Respirazione periodica, ben manifesta.
15	6 —	94	25	38°,8	Con rari e deboli conati di tosse punto rumorosa, si elimina un escreato pneumonico caratteristico, il quale emana un forte odore putrido, insopportabile allo stesso ammalato. La cefalea si è fatta più grave. Si amministra $1/2$ gr. di fenacetina e una tazza di caffè forte.

Osservazioni fatte durante la polmonite del soldato Ramella nell'altitud. di 4560 m.

Giorni	Ore	Polso	Respiro	Temperatura rettale	OSSERVAZIONI
Agosto 15	11 —			38°,1	Calmata di molto la cefalea; il malato prende un tuorlo d' uovo con vino di Marsala, e dopo due ore un brodo all' uovo.
	16,30	96	23	38°	
	21 —			38°,7	Leggera cefalea: il malato è assopito; ha preso del vino caldo e del marsala.
16	6 —	92	24	38°,4	Nella notte continuò la cefalea, che era scomparsa stamane: il malato ha preso una tazza di caffè; accusa senso di molestia nelle orecchie, come se avesse dell'acqua nei condotti uditivi esterni, i quali però sono normali. — Escreato sanguigno: che si emette come sempre, facilmente, al primo sforzo di tosse.
	17 —			38°,5	Si nota un erpete labbiale: è scomparsa la cefalea: il malato ha preso un brodo con uova, vino nero e marsala. Stette alzato due ore.
	21 —	95	22	38°,3	Ritornò la cefalea per tre ore: il malato ha preso un brodo e vino nero.
17	8 —	90	21	37°,7	Il malato riposò bene nella notte: non ha cefalea.
	14 —			38°	Malato tranquillo: ha preso una minestra. Espettorato diminuito e più chiaro.
	17 —	86	23	38°,1	Sono scomparsi quasi completamente i sintomi locali: ritornata la respirazione vescicolare: cessati i rantoli crepitanti: espettorato quasi scomparso: polso filiforme, si sente male tastandolo sull'arteria radiale: diminuita la cianosi.
	21 —			37°,9	L'ammalato dice di sentirsi meglio: dorme tranquillo.
18	6,30	90	22	37°,8	Ha riposato tutta la notte. Scarsissimo escreato mucco-purulento.
	16,30	80	19	37°,4	Stette alzato 4 ore: ha mangiato: leggiera cianosi con pallore, polso filiforme e respirazione periodica.
19	7 —	64	18	36°,8	
					In tutta la malattia non si ebbe mai dolore puntorio al torace.

" La rapida defervescenza della malattia ci fece credere dopo che la rarefazione dell'aria abbia reso più benigno il decorso della polmonite. Certo il pneumococco ebbe una virulenza minore che esso non abbia generalmente nelle infezioni, che succedono nella pianura. L'essere stato questo malato per una settimana in mezzo a noi, nell'ambiente stretto di una capanna male ventilata, senza che nessuno siasi preso la sua malattia, prova che i bacilli non dovevano essere molto virulenti. È vero però che pochi malati furono curati con eguale attenzione; eravamo quattro medici tutto il giorno intenti ad occuparci di lui e a tenergli alto il morale. Se non fu possibile l'isolamento e dovemmo abitare e dormire vicino al malato, vennero messe in pratica tutte le precauzioni possibili, specialmente riguardo agli sputi che vennero sempre raccolti in vasi contenenti una soluzione di sublimato corrosivo. Ogni cosa che egli toccasse per mangiare o per bere, era dopo attentamente lavata nel sublimato corrosivo. Per tutte le altre cose che provenivano dal malato, vi era un mezzo di disinfezione assoluto e come nessuna clinica può adoperare. Aprendo una finestra della capanna Margherita verso sud, vi sta sotto alla profondità di 1500 metri, il ghiacciaio delle Vigne. Ciò che si gettava da quella finestra verso la valle della Sesia, scendeva a picco ad una distanza vertiginosa.

" La risoluzione di questa polmonite per lisi può dipendere da ciò che fu meno attiva la virulenza dei germi, ma potrebbe anche darsi che dopo una invasione imponente, la quale ci apparve piena di pericolo, la rarefazione dell'aria abbia giovato a diminuire la febbre e limitare il processo infettivo. „

Nel mio laboratorio il dott. Desiderio Kuthy di Budapest sottopose ad un esame sperimentale alcune domande che sorgono leggendo la storia di questa polmonite, e che il dott. Abelli aveva già accennate. Può darsi che i germi della polmonite (pneumococchi di Fraenkel) siano meno attivi a quell'altezza, e che per tale minore virulenza dell'infezione il soldato Ramella sia guarito più rapidamente; ma potrebbe anche darsi che l'organismo nostro e degli animali, sia in quelle altezze più resistente alla febbre e alla polmonite. Le esperienze numerose fatte sui conigli, ai quali si injettavano i germi della polmonite, mentre stavano sotto la campana pneumatica per parecchi giorni nell'aria rarefatta, corrispondente all'altitudine

del Monte Rosa, vennero già pubblicati in esteso[1]. Trattandosi di ricerche batteriologiche minute, mi limiterò a riferire i risultati di questi studi coi quali venne iniziata una indagine importante nella patologia alpina.

Due cose risultarono, cioè: che i conigli muoiono più facilmente quando, dopo essere infettati col pneumococco di Fraenkel, stanno in un ambiente dove la pressione atmosferica corrisponde a quella del Monte Rosa. La morte più rapida succede malgrado che le nostre esperienze accennino ad una virulenza minore del pneumococco, quando questo si sviluppa nell'aria rarefatta. È molto probabile essere stata l'infezione nel soldato Ramella meno intensa per l'attenuazione del pneumococco, dovuta alla rarefazione dell'aria; ma il decorso della polmonite fu più grave in causa alla depressione atmosferica, malgrado la mitezza della infezione.

[1] Desiderio Kuthy, *Azione dell'aria rarefatta sulla virulenza del diplococco della polmonite.* Rendiconti, R. Accademia dei Lincei, luglio 1896. — Archives italiennes de Biologie, Tome XXVI, pag. 11.

Appendice Seconda.

Osservazioni meteorologiche fatte nella Capanna Regina Margherita.[1]

L'osservazione diretta delle condizioni meteorologiche a grandi altezze sul livello del mare, è importante per la conoscenza generale dell' atmosfera. Ogni alpinista, provveduto di buoni strumenti, dovrebbe raccogliere dati esatti per metterli in relazione coi dati degli strumenti registratori quali funzionarono sul Monte Bianco nell'osservatorio Vallot per circa un mese nell'anno 1887 [2].

Riporterò qui i risultati delle osservazioni da noi fatte durante il nostro soggiorno alla Capanna Regina Margherita, insieme a quelli che ottenne Alfonso Sella dal 22 al 26 agosto.

Il periodo delle osservazioni va dal giorno 11 al 26 agosto, con una breve lacuna dal 19 al 21, che sono i giorni in cui noi scendemmo dalla Capanna e vi salì il dott. Alfonso Sella. Le osservazioni si facevano di regola ogni tre ore, fra le 6 del mattino e le 21, adoperando un barometro aneroide di Goldschmidt, per la pressione atmosferica e un termometro esposto al nord e protetto dalle radiazioni dirette per la temperatura.

[1] Il dott. G. B. Rizzo, assistente all'Osservatorio astronomico dell'Università di Torino, mise in ordine le osservazioni meteorologiche che abbiamo raccolto e scrisse quest' appendice: per tale favore gli esprimo la mia gratitudine.

[2] J. Vallot, *Annales de l'Observatoire météorologique du Mont Blanc*, 1893.

I.

Pressione atmosferica.

L'aneroide era stato bene riscontrato prima di adoperarlo e se ne erano determinate direttamente le *costanti*, per pressioni non molto diverse dalla normale. Rimaneva però il dubbio che per le pressioni così piccole come quelle del Monte Rosa, queste costanti potessero mutare, producendo un errore strumentale. Perciò se ne fece una nuova determinazione in condizioni prossime a quelle dell'alta montagna. L'osservatore si chiuse col barometro aneroide, e con un barometro a mercurio, sotto la grande campana pneumatica rappresentata dalla fig. 56, e poi cominciammo a diminuire la pressione, finchè l'aneroide venne a segnare la pressione media indicata al Monte Rosa, osservando contemporaneamente le indicazioni del barometro a mercurio. È facile comprendere come dal paragone delle misure fatte con questo barometro insieme con quelle fatte mediante il barometro aneroide, si determina la correzione graduale che si deve fare ai valori dati dall'aneroide di Goldschmidt.

Nella meteorologia italiana si prende come valor medio della pressione atmosferica in un giorno, la media dei valori osservati a 9 ore, alle 15 e alle 21, e si può dimostrare che così facendo si ottengono dei valori medi che differiscono solamente di una quantità inapprezzabile da quelli che si otterrebbero facendo la media dei valori osservati ad ogni ora per tutta la giornata.

Ma dalle nostre osservazioni appare evidentemente che il periodo giornaliero della pressione atmosferica al Monte Rosa, cioè la legge colla quale la pressione varia in un giorno a quell' altezza, è differente da quella che regola queste variazioni presso il livello del mare; e la pressione giornaliera si può meglio determinare prendendo la media delle pressioni osservate a 6^h alle 12^h e alle 21^h. I valori corrispondenti a queste ore e le medie che se ne ottengono sono raccolti nello specchio seguente.

AGOSTO 1894. Giorno	PRESSIONE ATMOSFERICA IN MM. SULLA VETTA DEL MONTE ROSA (4560 m.)			
	6 h.	12 h.	21 h.	Media
11	426,2	426,8	427,5	426,83
12	27,2	29,0	30,5	28,90
13	29,0	28,5	27,5	28,33
14	26,2	27,8	30,0	28,00
15	29,0	29,7	29,5	29,40
16	28,0	27,0	27,6	27,53
17	26,0	25,0	27,0	26,00
18	25,5	25,0	25,0	25,17
22	22,0	25,0	26,5	24,50
23	27,3	28,0	29,1	28,13
24	29,2	30,5	31,8	30,50
25	31,9	31,5	30,5	31,30
26	30,8	30,6	29,6	30,33

Solamente in pochissimi casi, quando le più gravi occupazioni non permisero di fare le osservazioni all'ora voluta, il corrispondente valore è interpolato fra quelli ottenuti immediatamente prima e dopo.

Nelle condizioni ordinarie, cioè alle comuni altitudini, la pressione atmosferica raggiunge il suo massimo valore fra il levar del sole e il mezzodì, perchè l'evaporazione mattutina dell' acqua porta nell' atmosfera una certa quantità di vapore e la tensione propria di questo si aggiunge alla pressione dell'aria. Poscia l'aumento della temperatura alla superficie terrestre produce nell'aria delle correnti ascendenti che fanno diminuire la pressione al livello del mare, fino a tanto che essa raggiunge un minimo fra le 14 e le 17. In seguito la pressione va nuovamente crescendo, finchè, dopo la mezzanotte, per la condensazione dei vapori che si raccolgono sotto forma di rugiada, ritorna a diminuire fino al levar del sole, nella quale ora ricomincia a crescere col medesimo ciclo.

Queste cose sono ben conosciute dai cultori della meteorologia e si sa anche che a grandi altezze sul livello del mare le leggi delle variazioni nella pressione atmosferica devono essere diverse. Quivi l'effetto della tensione del vapor acqueo che s'aggiunge alla pressione dell'aria, si fa sentire più tardi, allorchè le correnti ascendenti, che al livello del mare determinano il minimo barometrico del pomeriggio, portano in alto le masse di vapore. E l'aumento continua anche più tardi, quando alla forte umidità si aggiunge il raffreddamento notturno.

Ciò è pienamente confermato dalle nostre osservazioni: infatti la pressione atmosferica media

Alle ore	6	è di mm.	427,56
„	15	„	428,03
„	21	„	428,62

È anche utile di confrontare i valori della pressione atmosferica al Monte Rosa coi valori corrispondenti osservati a Torino nei medesimi giorni:

Raffronto della pressione atmosferica a Torino (276 m.) e sul Monte Rosa (4560 m.).

AGOSTO 1894. Giorno	PRESSIONE ATMOSFERICA		
	TORINO	MONTE ROSA	Differenza
11	734,69	426,83	307,86
12	39,07	28,90	10,17
13	35,99	28,33	07,66
14	34,52	28,00	06,52
15	36,86	29,40	07,46
16	36,45	27,53	08,92
17	34,60	26,00	08,60
18	36,72	25,17	11,55
22	39,82	24,50	15,32
23	42,74	28,13	14,61
24	42,88	30,50	12,38
25	41,02	31,30	09,72
26	40,47	30,33	10,14

Il diagramma della fig. 62 dimostra più chiaramente il carattere di queste variazioni.

Si vede subito che le grandi oscillazioni vanno quasi parallelamente nei due luoghi, sebbene al Monte Rosa abbiano un'ampiezza minore; ed è naturale, perchè a Torino, essendo quasi doppio il valore assoluto della pressione atmosferica, anche tra le variazioni vi deve essere il medesimo rapporto.

Un' ultima osservazione a proposito della pressione atmosferica. Questa serve praticamente a determinare la differenza di livello fra due stazioni, nelle quali si conosca il valore della pressione. Ora la media pressione barometrica a Torino nel periodo che qui consideriamo fu di

mm. 738,41 all'altezza di metri 276 sul livello del mare [1]
„ 428,07 „ „ 4559 „ „

La differenza della pressione è dunque di mm. 310,34, per una variazione di livello di 4283 metri, che dà una diminuzione media di 1 mm. di pressione per ogni 13,8 metri di altezza. Fra due stazioni più vicine al livello del mare la diminuzione di pressione, col crescere dell'altezza, è più rapida; infatti nelle ordinarie altitudini la pressione diminuisce di 1 mm. ogni 10 metri circa. Ciò non deve

[1] Altezza del pozzetto del barometro all'Osservatorio di Torino.

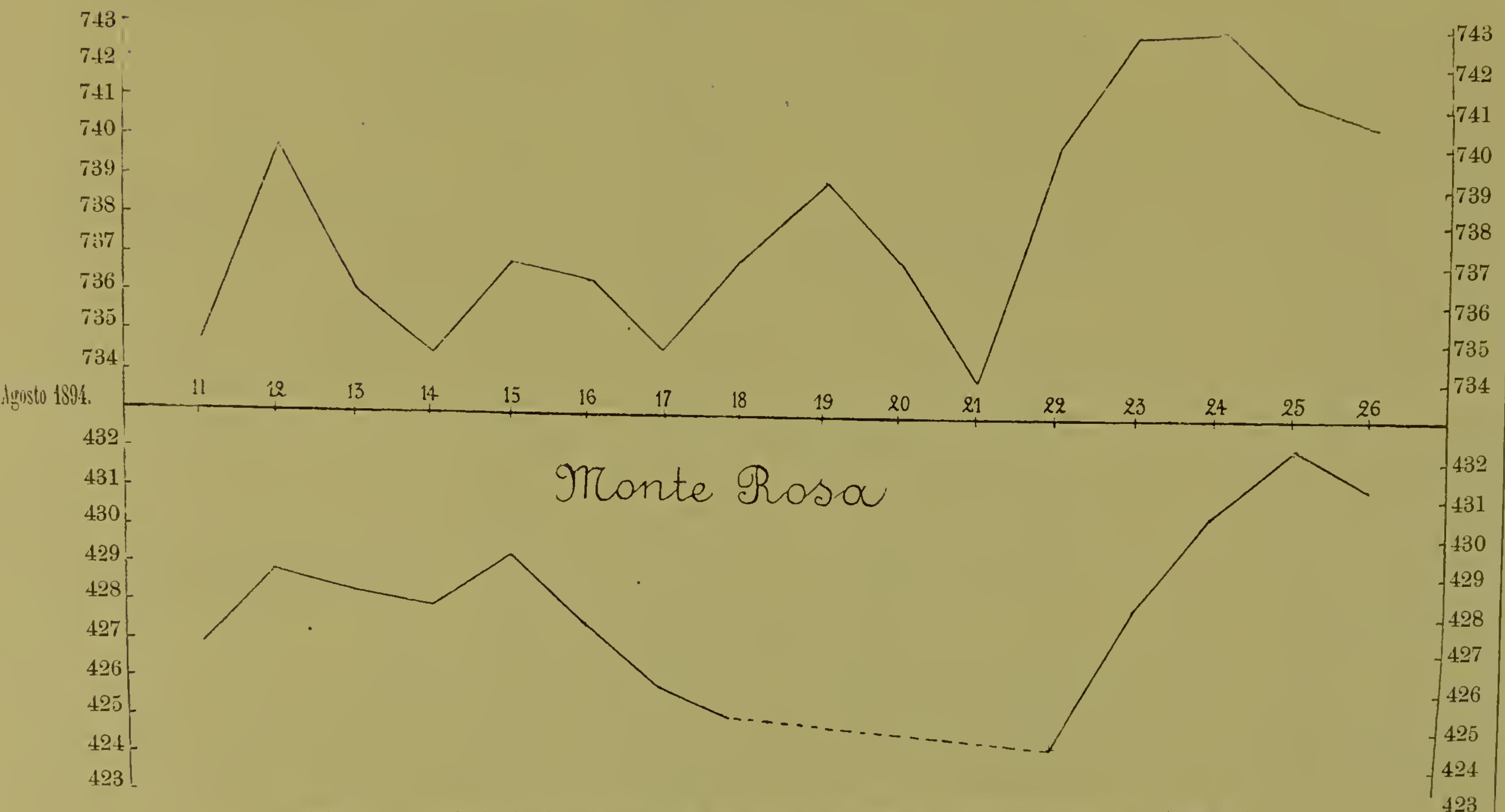


Fig. 62. — Variazioni barometriche misurate contemporaneamente a Torino (276 m.) e nella Capanna Regina Margherita (4560 m.).

sorprendere, perchè gli strati più bassi dell'atmosfera sono più densi e quivi le variazioni di pressione devono essere più rapide: la misura delle altezze col barometro si fa appunto applicando delle formole nelle quali si tiene conto della legge esatta che lega le variazioni della pressione con le variazioni dell'altezza sul livello del mare.

II.

Temperatura.

A grandi altezze il sole dardeggia più caldi i suoi raggi; ma quell'atmosfera, così pura e trasparente, non è adatta ad assorbirne l'energia, perciò l'aria si riscalda poco, mentre nella notte il suolo si raffredda con una grandissima facilità. Questo ci spiega come anche nel cuore dell'estate ivi la temperatura sia sempre molto bassa; e le nostre osservazioni lo confermano chiaramente.

Mancando quasi affatto l'azione moderatrice del vapor acqueo, nell'alta montagna la temperatura ha un andamento diurno che è diverso da quello delle stazioni vicine al livello del mare; e quindi la media giornaliera della temperatura non si può calcolare nello stesso modo come si fa nei nostri Osservatorî; ma dall'esame di tutte le osservazioni fatte mi pare che si possa prendere come media temperatura al Monte Rosa il valor medio delle osservazioni fatte alle 6, alle 12 e alle 21, come per la pressione barometrica.

Ecco i risultati ottenuti:

AGOSTO 1894. Giorno	TEMPERATURA SULLA VETTA DEL MONTE ROSA (4560 m.)			
	6	12	21	Media
11	— 14,0	— 2,0	— 9,0	— 8,3
12	— 9,0	— 9,0	— 10,0	— 9,3
13	— 10,0	— 4,0	— 9,0	— 7,7
14	— 5,0	— 4,0	— 7,0	— 5,3
15	— 6,0	— 2,0	— 7,0	— 5,0
16	— 7,0	— 2,5	— 7,0	— 5,5
17	— 8,0	— 8,5	— 11,5	— 9,3
18	— 13,0	— 8,0	— 14,5	— 11,8
22	— 8,8	— 5,0	— 7,0	— 6,9
23	— 5,2	— 3,5	— 4,0	— 4,2
24	— 6,0	— 3,8	— 6,0	— 5,3
25	— 3,5	+ 2,2	— 3,0	— 1,4
26	— 3,0	— 4,0	— 5,0	— 4,0

Anche per la temperatura è utile di confrontare i valori ottenuti al Monte Rosa con quelli di Torino, come è indicato dalla tabella che segue.

Raffronto della temperatura a Torino (276 m.) e sulla vetta del Monte Rosa (4560 m.).

AGOSTO 1894. Giorno	TEMPERATURA		
	TORINO	MONTE ROSA	Differenza
11	21°,6	— 8°,2	29°,9
12	21°,6	— 9°,3	30,°9
13	19°,5	— 7°,7	27°,2
14	20°,8	— 5°,3	26°,1
15	20°,6	— 5°,0	25°,6
16	19°,4	— 5°,5	24°,9
17	21°,0	— 9°,3	30°,3
18	20°,1	— 11°,8	31°,9
22	19°,7	— 6°,9	26°,6
23	21°,9	— 4°,2	26°,1
24	24°,1	— 5°,3	29°,4
25	25°,1	— 1°,4	26°,6
26	26°,1	— 4°,0	30°,1

Queste variazioni sono descritte nel diagramma della fig. 63.

La temperatura dell'aria, specialmente in montagna, dipende da un gran numero di circostanze: dalla radiazione solare, dallo stato del cielo, dall'umidità, dalla direzione del vento, ecc.; perciò si comprende che se nelle linee generali l'andamento della temperatura al Monte Rosa non è molto diverso di quello che si ha a Torino, tuttavia, nei particolari, vi possono essere delle divergenze e mutazioni notevoli. Ma considerando la temperatura media di tutti i giorni del periodo, preso nel suo complesso, se ne possono trarre alcune conseguenze che non sono prive di importanza.

Infatti la temperatura media nel periodo considerato fu

+ 21°,6 a Torino
— 6°,5 al Monte Rosa

con una differenza di 28°,1.

Ora paragonando questa variazione di temperatura fra le due stazioni con la corrispondente variazione di altezza sul livello del mare, si trova che la diminuzione di temperatura è di circa un mezzo grado, o più precisamente 0°,65 per ogni 100 metri di dislivello.

Questo risultato concorda perfettamente con quelli trovati altrove da altri osservatori. Così l'Hirsch e l'Hann, discutendo un gran nu-

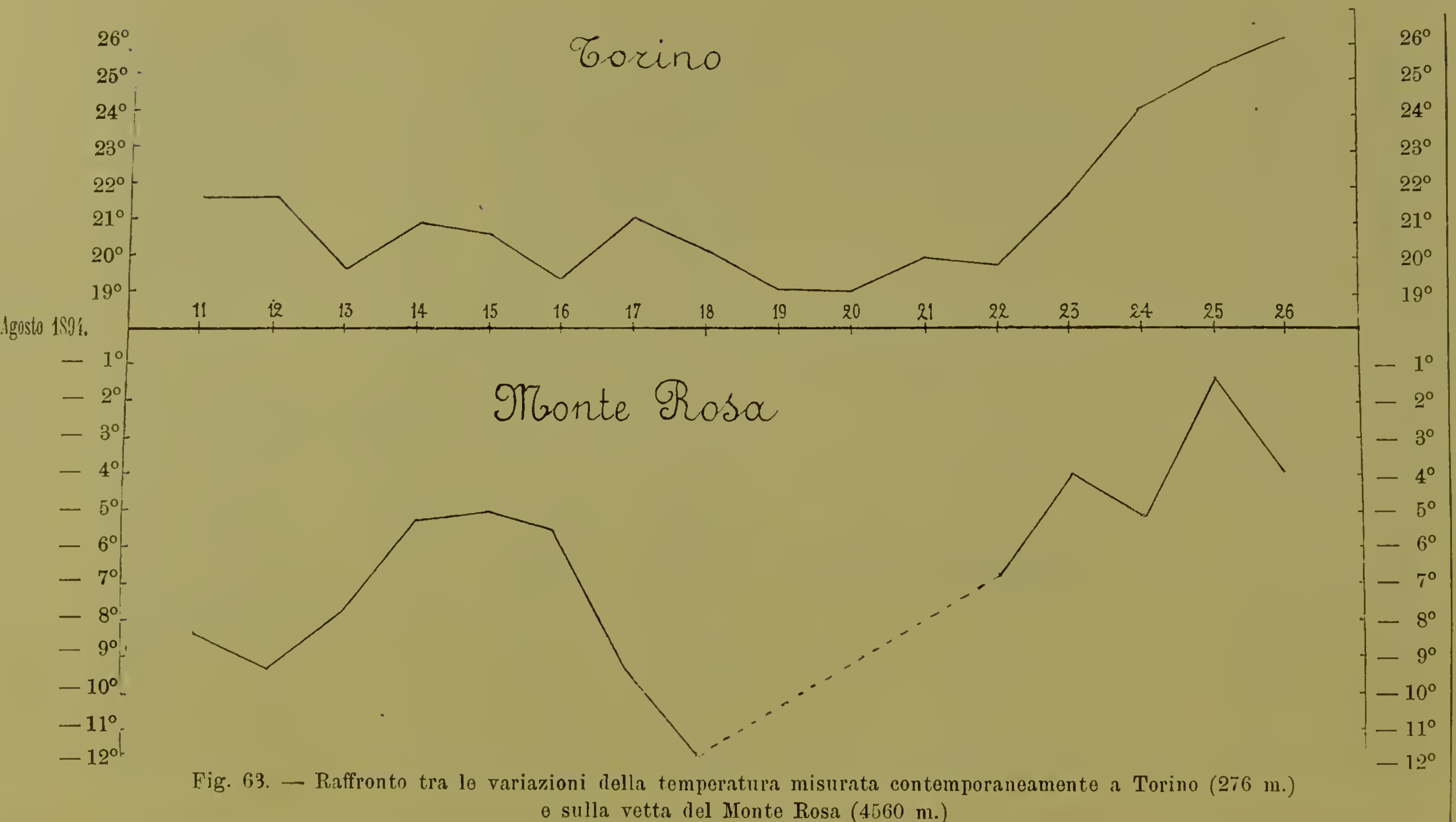


Fig. 63. — Raffronto tra le variazioni della temperatura misurata contemporaneamente a Torino (276 m.) e sulla vetta del Monte Rosa (4560 m.)

mero di osservazioni fatte a diverse altezze sul livello del mare nella Svizzera e nelle montagne della Germania, hanno trovato che nel mese di agosto, per ogni 100 metri di altezza la temperatura media decresce di

0°,67 nella Svizzera del Sud
0°,64 nella Svizzera del Nord
0°,66 nelle montagne dell'Herz

Carlo Bruno, discutendo una buona serie di osservazioni fatte a Mondovì e alla Balma, nelle Alpi marittime, aveva trovato una diminuzione di 0°,68 nella temperatura media dell'estate per ogni 100 metri.

III.

La burrasca dal 13 al 14 agosto 1894.

Nel chiudere questi brevi cenni sulle condizioni meteorologiche osservate al Monte Rosa, devesi fare un cenno della violenta burrasca alla quale abbiamo assistito nella notte dal 13 al 14 agosto.

Il barometro non dava segno di abbassamento notevole, anzi oscillava intorno alla media, quando, nella notte del giorno 13, il vento cominciò a soffiare impetuoso da nord a sud e durò senza posa fino al mezzodì del giorno seguente. La violenza del vento fu grandissima, quale non l'avevamo mai provata. Il custode Francioli uscito dalla Capanna Regina Margherita fu sbattuto a terra dal vento riportando una contusione al ginocchio. Cessata la burrasca trovammo che il vento aveva incrostato tutta la capanna e il ballatojo di uno strato spesso di brina. I cristalli erano lunghi da 12 a 14 centimetri. Non avevamo mai veduto nulla di simile sulle Alpi, e Beno Bizzozero volle fotografarmi in questa cornice fantastica di ghiaccio scintillante, che ho riprodotto a pag. 235.

Abbiamo cercato da quali condizioni fosse determinata quella bufera. Le carte sinottiche del tempo, che sogliono pubblicare gli uffici centrali di meteorologia, dimostrano che in Europa fra il giorno 13 e il 14 la pressione atmosferica era distribuita come è indicato dallo schizzo qui unito della fig. 64.

Una forte depressione si stendeva sull'Inghilterra e sulla Svezia, mentre la pressione era molto elevata sul golfo di Guascogna e sulla

penisola Iberica. Ora dai principî fondamentali intorno ai movimenti dell'atmosfera si sa che per il nostro emisfero in una depressione. o come si dice in un *ciclone,* l' aria possiede un moto vorticoso nel senso opposto a quello delle lancette dell'orologio, mentre in un'aria di alta pressione, o in un *anticiclone,* si muove nel verso stesso delle lancette. E al Monte Rosa, nella notte dal 13 al 14 agosto 1894, tanto l' azione del ciclone brittannico, come quella dell' anticiclone iberico, si sommavano per imprimere all'aria un movimento da nord a sud, producendo quel fortissimo vento.

Il giorno appresso il ciclone era quasi rimasto nel medesimo luogo, mentre l'area di alta pressione si era notevolmente spostata verso est, quindi l'atmosfera ritornò tranquilla.

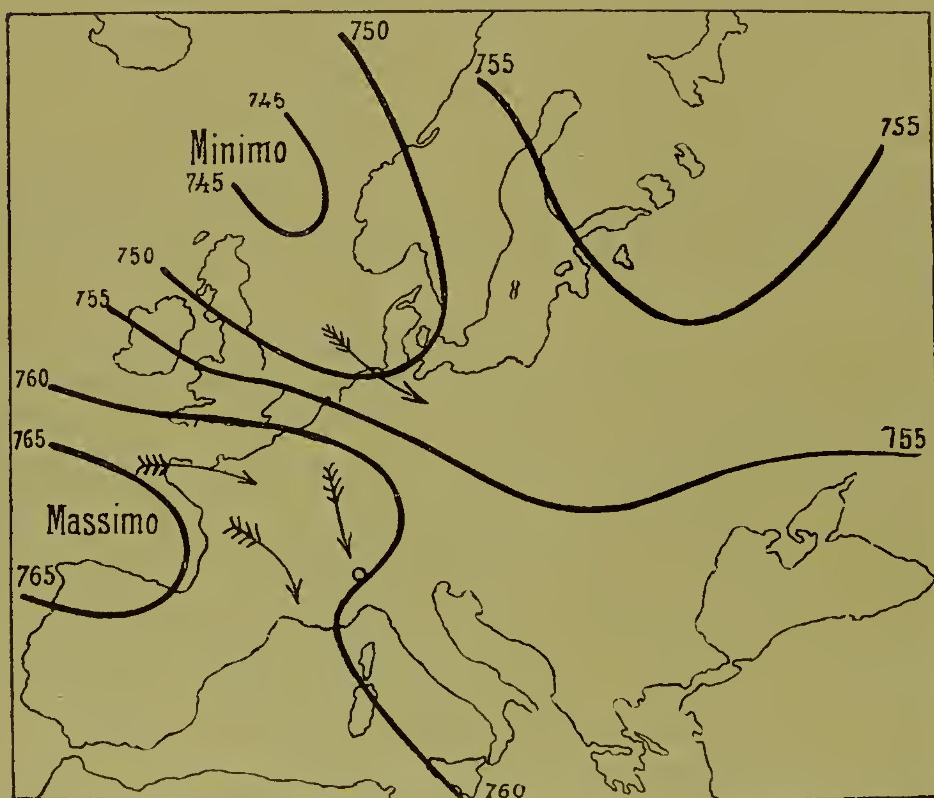
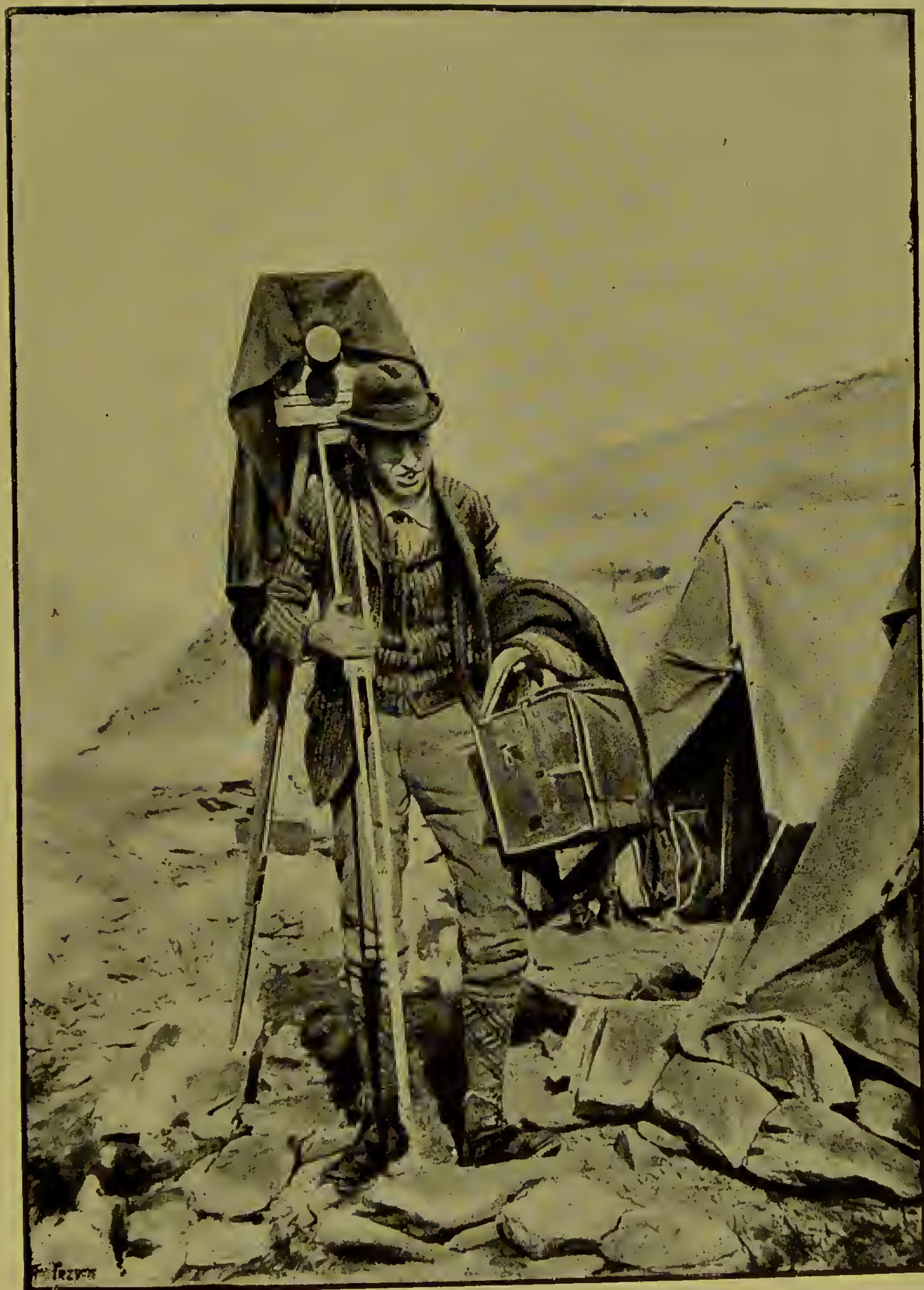


Fig. 64. — Carta della pressione barometrica in Europa durante la burrasca del 14 agosto 1894.



Beno Bizzozero, Studente di Medicina,
morto a Varese il 4 settembre 1895.

TABELLE

DELLE OSSERVAZIONI FISIOLOGICHE FATTE NELLA SPEDIZIONE AL MONTE ROSA.

TABELLA I.

(Vedi pag. 11).

Raffronto tra i mutamenti che subisce la frequenza del polso e del respiro a Torino (276 m.) e alla Capanna Regina Margherita (4560 m.) per la medesima fatica sollevando due manubri di 5 chilogrammi ciascuno sopra la testa coll'intervallo di quattro secondi.

NOME E COGNOME	ALTITUDINE	DATA	Numero sollevamenti	POLSO		RESPIRO	
				Prima	Dopo	Prima	Dopo
Caporale Camozzi Eugenio	276 m.	Luglio					
		12	44	74	100	19	20
	"	13	48	89	112	22	18
	4560 m.	Agosto					
		16	**150**	**100**	**136**	**20**	**28**
Soldato Marta Santino	276 m.	Luglio					
		12	62	70	88	20	24
	"	13	94	74	94	22	22
	4560 m.	Agosto					
		14	**185**	**92**	**134**	**24**	**24**
Soldato Sarteur Albino	276 m.	Luglio					
		12	80	64	78	20	17
	"	13	110	68	100	19	14
	4560 m.	Agosto					
		16	**143**	**96**	**132**	**16**	**22**
Caporale Jachini Felice	276 m.	Luglio					
		12	51	66	78	18	22
	"	13	56	70	72	18	22
	4560 m.	Agosto					
		14	**76**	**68**	**104**	**18**	**24**
	"	15	**131**	**80**	**106**	**20**	**28**
Soldato Pietro Chamois	276 m.	Luglio					
		12	82	60	74	21	24
	"	13	121	62	68	20	18
	4560 m.	Agosto					
		13	**119**	**96**	**128**	**22**	**28**
Soldato Oberhoffer Giuseppe	276 m.	Luglio					
		12	95	74	82	24	24
	"	13	124	70	86	23	22
	4560 m.	Agosto					
		14	**130**	**82**	**118**	**24**	**28**

Tabella II.

(Vedi pag. 183).

Capacità vitale misurata a Torino (276 m.) e sul Monte Rosa (4560 m.).
I valori segnati in c. c. sono la media di 3 osservazioni successive.

	Torino	Capanna Regina Margherita	Differenza
A. Mosso	3888	3108	780
Solferino	4556	4434	122
Marta	5206	4651	555
Sarteur	5205	4723	482
Jachini	4795	4508	287
B. Bizzozero	4200	3653	547
Chamois	3678	3276	402
Oberhoffer	3179	2734	445

TABELLA III.

(Vedi pag. 229)

Volume dell'aria inspirata in mezz'ora a varie altitudini.

Esperienze fatte dal Prof. UGOLINO MOSSO nella spedizione al Monte Rosa[1].

Num. d'ordine	NOME	DATA	ORA	Litri di aria inspirata in 1 minuto	Temperatura ambiente	Pressione barometrica	Litri d'aria inspirati in mezz'ora
	I. Gressoney la Trinità a 1627 metri.						
1	Jachini	21 VII	9,25	8,702	17°	65 cm.	261,075
2	"	21 "	2,4	9,50	18°	"	285,010
3	Solferino. . . .	22 "	3	6,867	21°	"	206,223
4	Sarteur	23 "	3	6,93	25°	"	207,983
5	"	24 "	1,30	5,77	26°	"	177,203
6	Solferino. . . .	24 "	3,55	9,65	24°	"	289,633
	II. Accampamento Alpe Indra a 2515 metri.						
7	Jachini	26 VII	10,45	9,68	15°	62 cm.	290,405
8	Solferino. . . .	26 "	4,30	6,952	16°	"	208,561
9	"	29 "	9,35	8,014	10°	"	240,421
10	Sarteur	29 "	10,50	5,833	10°	"	174,990
11	Jachini	29 "	2,16	9,437	12°	"	283,126
	III. Accampamento presso la Capanna Linty a 3047 metri.						
12	Jachini	1 VIII	2,30	8,129	15°	51 cm.	243,898
13	Solferino. . . .	2 "	3.39	10,122	13°	"	303,660
14	Sarteur	3 "	3	7,345	12°	"	220,354
	IV. Capanna Gnifetti a 3620 metri.						
15	Jachini	7 VIII	2,20	7,721	10°	48 cm.	231,649
16	Solferino. . . .	7 "	4,20	7,732	5°	"	231,866
17	Sarteur	8 "	5,25	7,294	7°	"	218,828
	V. Capanna Regina Margherita a 4560 metri.						
18	Jachini	12 VIII	4,28	9,214	7°	43 cm.	276,427
19	"	13 "	5,30	9,643	13°	"	289,296
20	Sarteur	16 "	4,35	6,402	12°	"	192,065
21	"	17 "	10,25	5,061	8°	"	151,830
22	Solferino. . . .	18 "	10,20	8,907	20°	"	267,220
23	"	18 "	1,45	8,639	19°	"	259,171
	VI. Esperienze fatte al ritorno in Gressoney la Trinità a 1627 metri.						
24	Sarteur	23 VIII	10	5.374	15°	65 cm.	161,229
25	Jachini	23 "	11,20	10,65	12°	"	301,973
26	Solferino. . . .	23 "	15,40	6,595	12°	"	197,861

[1] L'aria venne misurata collo stesso contatore e servendosi delle medesime valvole e maschere di guttaperca che adoperai io. Queste esperienze servirono per determinare la quantità di acido carbonico eliminata in mezz'ora a varie altitudini.

Tabella IV.

(Vedi pag. 261).

Raffronto tra il volume dell'aria inspirata a Gressoney e sulla vetta del Monte Rosa.

Prof. Ugolino Mosso.

Località	Data	Ora	Temperatura ambiente	Litri di aria inspirata in 30 minuti	Litri di aria inspirata in 1 minuto	Frequenza media del respiro	Valore inspirazione media
Gressoney Trinità 1627 m.	24 VII	10,10	24°	208,29	6,94	12	0,758
Capanna Reg. Margh. 4560 m.	12 VIII	7,40 a.	8°,6	257,87	8,59	13	0,660

Frequenza del respiro per ogni minuto	Volume d'aria in c.c. introdotto nei polmoni ad ogni inspirazione													
	GRESSONEY TRINITÀ													
11	602	482	602	602	506	554	554	554	530	506	530			
13	602	482	554	626	530	482	602	554	530	457	530	554	578	
13	530	578	578	602	578	602	723	433	578	578	482	578	530	
14	506	554	385	506	482	457	409	576	530	433	433	361	554	482
13	482	795	578	506	554	457	554	554	457	433	578	409	457	
11	771	650	626	554	650	554	530	482	626	578	530			
12	578	433	578	530	771	530	650	626	650	843	482	506		
	CAPANNA REGINA MARGHERITA													
13	964	795	530	554	650	795	650	482	626	698	578	385	626	
13	698	602	433	674	939	698	409	819	602	578	698	602	554	
12	554	1325	602	723	867	698	578	867	482	626	1180	843		
12	698	674	723	891	361	385	723	771	506	674	771	747		
12	747	650	891	578	867	578	723	915	626	626	723	843		
12	554	771	578	674	578	1036	1012	433	1012	1036	698	1012		
13	626	650	626	771	578	747	939	1060	771	602	819	626	626	
13	578	723	867	602	625	891	771	1036	747	626	771	313	602	
13	915	698	939	1132	843	578	1012	843	698	795	650	939	674	
14	674	723	939	578	723	1060	723	530	433	1132	1084	723	771	530

TABELLA V.

(Vedi pag. 261).

Raffronto tra il volume dell'aria inspirata a Gressoney e sulla vetta del Monte Rosa.

BENO BIZZOZERO.

LOCALITÀ	DATA	ORA	Temperatura ambiente	Litri di aria inspirata in 30 minuti	Litri di aria inspirata in 1 minuto	Frequenza media del respiro	Valore inspirazione media
Gressoney Trinità 1627 m.	24 VII	9	20°	262,69	8,75	11	0,808
Capanna Reg. Margh. 4560 m.	12 VIII	8.15.	5°,3	274,74	9,15	15	0,611

Frequenza del respiro per ogni minuto	Volume d'aria in c.c. introdotto nei polmoni ad ogni inspirazione															
	GRESSONEY TRINITÀ															
10	723	602	891	747	964	771	1060	1084	723	1180						
10	867	650	843	891	747	843	674	915	939	723						
10	891	795	650	578	819	530	674	626	819	7230						
10	723	723	723	723	482	650	578	602	698	747						
11	723	674	771	819	723	843	723	723	723	771	626					
12	771	723	723	626	650	819	506	771	771	843	626	819				
11	482	843	554	602	361	602	723	433	409	409	361					
12	795	843	698	843	723	771	795	795	771	819	939	795				
13	915	915	988	771	771	867	578	578	650	361	457	554	482			
11	578	747	843	843	915	771	843	843	795	843	674					
9	939	602	723	723	795	819	289	626	578							
10	747	795	891	723	964	891	964	915	674	723						
10	1084	771	843	795	795	674	795	457	698	723						
	CAPANNA REGINA MARGHERITA — 12 agosto 1894, ore 8,15 a. Temp. 5°,3.															
14	771	650	602	674	602	554	650	747	506	578	506	843	723			
15	385	482	650	530	530	530	578	602	578	578	674	626	506	578	602	
16	626	650	457	578	578	723	795	554	530	457	578	650	747	506	506	602
15	650	674	771	602	530	578	482	602	457	723	771	578	723	554	482	
16	578	506	650	506	578	554	530	554	554	530	482	530	602	554	554	554
16	626	602	530	554	650	602	602	506	602	698	602	554	554	554	578	506
15	650	626	650	747	385	506	482	698	795	698	385	602	506	626	554	

Tabella VI.

(Vedi pag. 261).

Raffronto tra il volume dell'aria inspirata a Gressoney e sulla vetta del Monte Rosa.

Caporale Camozzi.

Località	Data	Ora	Temperatura ambiente	Litri di aria inspirata in 30 minuti	Litri di aria inspirata in 1 minuto	Frequenza media del respiro	Valore inspirazione media
Gressoney Trinità 1627 m.	23 VII	9,50	18°	140,960	4,90	8	0,587
Capanna Reg. Margh. 4560 m.	17 VIII	11,40	8°	238,59	7,95	9	0,883

Frequenza del respiro per ogni minuto	Volume d'aria in c.c. introdotto nei polmoni ad ogni inspirazione										
	GRESSONEY TRINITÀ										
8	602	939	915	939	964	843	915	723			
6	1132	1156	843	939	964	988					
7	964	1612	915	843	843	1084	867				
6	1156	819	698	1084	1036	1084					
7	964	723	964	964	723	723	337				
7	674	530	843	843	723	1200	602				
7	602	650	915	723	723	843	578				
7	723	964	843	723	650	7230	643				
8	1325	409	482	626	602	698	602	602			
	CAPANNA REGINA MARGHERITA										
10	674	747	819	723	819	771	747	795	867	867	
10	891	747	771	988	771	939	939	1036	915	1036	
11	891	843	867	795	409	433	530	891	723	964	939
9	578	1036	819	915	1060	482	939	1084	747		
8	1060	667	915	843	674	578	602	433			
7	795	1084	1205	1397	867	1277	1025				
7	1132	1229	1180	915	1277	891	1180				
7	1229	1277	915	1132	1277	1108	1205				
7	1253	1132	1180	1108	1108	1277	1084				

TABELLA VII.

(Vedi pag. 261).

Raffronto tra il volume dell'aria inspirata a Gressoney e sulla vetta del Monte Rosa.

Soldato SARTEUR.

LOCALITÀ	DATA	ORA	Temperatura ambiente	Litri di aria inspirata in 30 minuti	Litri di aria inspirata in 1 minuto	Frequenza media del respiro	Valore inspirazione media
Gressoney Trinità 1627 m.	24 VII	8,50	18°	168,70	5,620	10	0,562
Capanna Reg. Margh. 4560 m.	14 VIII	8,56	8°	174,84	5,824	10	0,582

Frequenza del respiro per ogni minuto	Volume d'aria in c.c. introdotto nei polmoni ad ogni inspirazione										
	GRESSONEY TRINITÀ										
8	1205	723	1012	915	891	915	843	1180			
8	1229	1180	1108	891	964	1084	1036	843			
7	1446	1325	1084	843	964	964	843				
8	843	964	843	1084	843	964	964	964			
8	843	843	650	795	723	1446	1017	1036			
8	1132	1036	1205	747	819	723	626	698			
9	650	843	554	650	650	698	771	843	650		
9	674	771	795	843	723	602	602	602	650		
	CAPANNA REGINA MARGHERITA										
11	482	482	554	482	554	602	650	626	578	530	
10	698	482	602	626	602	674	578	626	602	602	
11	602	602	602	674	530	723	698	602	554	602	1397
11	795	457	457	385	457	578	506	482	457	530	
12	554	457	506	530	482	506	409	409	554	482	409	530
11	554	482	433	626	626	530	482	482	482	433	
10	409	433	409	482	626	361	433	385	482	433	
11	409	361	361	409	385	385	361	385	361	409	433

TABELLA VIII.

(Vedi pag. 261).

Raffronto tra il volume dell'aria inspirata a Torino e sulla vetta del Monte Rosa.

Soldato CHAMOIS.

LOCALITÀ	DATA	ORA	Temperatura ambiente	Litri di aria inspirata in 30 minuti	Litri di aria inspirata in 1 minuto	Frequenza media del respiro	Valore inspirazione media
Torino 276 m.	15 VII	10	20°	231,567	7,719	18 a 19	0,428
Capanna Regina Margherita	15 VIII	8,50	9°,4	265,461	8,848	16	0,553
4560 m.	16 VIII	4 p.	9°	277,752	9,115	15	0,617

Frequenza del respiro per ogni minuto	Volume d'aria in c. c. introdotto nei polmoni ad ogni inspirazione
	TORINO.
18	433 457 408 384 480 480 384 432 504 360 432 409 457 457 409 480 384 480
19	457 433 409 433 409 457 384 432 384 482 457 409 433 457 457 409 480 433 457
19	433 385 409 433 506 385 482 482 409 384 409 457 433 530 385 385 385 457 482
18	457 409 482 506 433 457 409 387 385 409 409 530 409 385 385 433 409 385
18	409 433 409 433 457 457 433 482 482 385 385 409 433 409 433 457 433 482
	CAPANNA REGINA MARGHERITA arrivato il giorno 12 alla capanna faccio il giorno 15 le osservazioni sul respiro.
16	650 650 650 650 674 723 650 674 482 723 723 698 771 674 747 723
16	674 674 626 723 674 674 723 698 698 747 723 771 698 698 723 698
16	694 723 698 723 723 771 674 723 723 674 650 698 674 650 674 650
16	675 674 650 698 530 698 723 650 626 698 698 626 674 723 674 650
16	771 674 650 698 674 674 554 626 650 650 578 626 650 554 698 626
16	771 674 650 698 674 674 554 626 650 650 578 626 650 554 698 626
17	650 530 602 602 602 578 530 674 578 626 626 650 723 698 626 650 602
	CAPANNA REGINA MARGHERITA nel 4.° giorno (16 VIII) di riposo dopo essere arrivato a 4560 metri.
15	433 443 530 530 626 554 602 602 650 554 578 626 698 650 650
15	723 430 602 626 650 795 578 723 626 674 674 771 723 578 795
15	723 674 674 723 626 723 819 891 313 771 747 747 819 698 650
14	626 650 626 626 602 650 650 674 602 674 626 626 650 626

TABELLA IX.

(Vedi pag. 261).

Raffronto tra il volume d'aria inspirata a Torino e sulla vetta del Monte Rosa.

Soldato OBERHOFFER.

LOCALITÀ	DATA	ORA	Temperatura ambiente	Litri di aria inspirata in 30 minuti	Litri di aria inspirata in 1 minuto	Frequenza media del respiro	Valore inspirazione media
Torino 276 m.	13 VII	8 ant.	21°	267,076	8,90	20	0,445
Capanna Reg. Margh. 4560 m.	15 VIII	8 ant.	7°	275,824	9,19	19	0,483

Frequenza del respiro per ogni minuto	Volume d'aria in c.c. introdotto nei polmoni ad ogni inspirazione													
	TORINO.													
20	456	432	480	432	456	408	432	408	456	552	408	384	408	552
	408	456	432	408	456	408								
20	384	408	408	456	442	456	552	576	384	408	384	384	552	408
	408	504	408	456	432	456								
21	504	504	384	384	504	408	456	432	504	408	408	384	360	552
	552	408	432	432	408	432	552							
20	432	456	480	384	384	384	504	408	408	504	456	432	408	504
	528	504	408	408	432	432								
20	480	456	408	408	504	456	408	456	456	552	552	384	384	552
	384	456	456	456	480	480								
	CAPANNA REGINA MARGHERITA dopo il 3.° giorno di riposo.													
17	432	456	552	480	576	480	504	744	504	1056	456	408	456	576
	360	480	432											
19	480	528	504	576	504	480	480	552	480	456	528	480	552	384
	312	432	504	576	576									
19	552	552	432	480	480	600	600	480	408	456	384	504	528	408
	360	552	288	456	432									
19	336	360	600	480	456	456	528	480	456	456	456	480	552	600
	480	360	432	408	624									
20	456	456	456	528	552	504	408	384	384	480	624	456	480	576
	528	456	480	600	528	552								
17	720	648	792	576	552	648	672	552	672	648	600	576	624	600
	504	504	360											
17	480	576	504	600	504	480	480	552	504	528	528	504	624	576
	504	576	504											
15	576	576	528	672	576	672	552	576	576	648	528	552	480	648
	648													
17	552	480	552	624	528	432	456	528	576	480	576	432	360	552
	576	576	504											
15	600	576	600	552	864	648	696	744	792	672	648	648	600	360
	576													

TABELLA X.

(Vedi. pag. 261).

Raffronto tra il volume dell'aria inspirata a Gressoney e sulla vetta del Monte Rosa.

Soldato SOLFERINO.

LOCALITÀ	DATA	ORA	Temperatura ambiente	Litri di aria inspirata in 30 minuti	Litri di aria inspirata in 1 minuto	Frequenza media del respiro	Valore inspirazione media
Gressoney Trinità 1627 m.	23 VII	8,5	10°	192,58	6,41	10	0,641
Capanna Reg. Margh. 4560 m.	12 VIII	9,45	11°6	166,29	5,54	14	0,390

Frequenza del respiro per ogni minuto	Volume d'aria in c.c. introdotto nei polmoni ad ogni inspirazione													
	GRESSONEY TRINITÀ													
10	723	530	674	723	602	723	650	650	602	433				
10	530	554	698	554	843	698	747	530	385	650				
10	747	650	650	554	554	578	530	554	482	723				
8	602	694	723	819	723	530	819	771						
9	1036	723	1205	964	843	723	843	1012	723					
9	843	723	723	723	964	843	723	771	578					
10	1084	723	723	795	650	650	819	915	747	964				
9	723	723	723	674	723	867	578	771	723					
9	723	723	602	409	626	602	747	554	795					
9	771	771	626	867	891	819	795	795	723					
10	530	433	482	554	530	602	530	506	530	482				
	CAPANNA REGINA MARGHERITA													
12	482	409	433	433	337	385	409	433	361	409	385	361		
12	457	385	409	385	385	385	482	433	578	433	409	554		
12	457	457	385	313	265	289	409	409	457	361	313	313		
13	337	337	289	289	361	337	337	361	385	265	409	313	313	
14	361	361	241	313	313	241	241	361	361	265	265	265	337	313
13	241	241	241	433	433	361	337	265	241	241	241	241	216	
14	192	433	433	409	433	409	385	385	313	289	289	313	289	241

INDICE DEI CAPITOLI.

Capitolo Quattordicesimo.

Osservazioni sul male di montagna.

Capitolo Quindicesimo.

L'attività chimica della respirazione sulle Alpi.

Capitolo Sedicesimo.

Analisi dell'asfissia e del male di montagna.

Capitolo Diciassettesimo.

Azione dell'aria di montagna sul sistema nervoso. Il male di capo. Il vento.

Tabelle delle osservazioni fisiologiche fatte nella spedizione al Monte Rosa.

INDICE DELLE INCISIONI.

